

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Tietotekniikan osasto

Timo Vuorenmaa

## Tuotesuunnittelu graafisen alan tuotannonohjausjärjestelmässä

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-  
insinöörin tutkintoa varten Espoossa 9.5.1996.

Työn valvoja

Professori Markku Syrjänen

Työn ohjaaja

DI Jussi Mankki

**Tekijä:** Timo Vuorenmaa

**Työn nimi:** Tuotesuunnittelu graafisen alan tuotannonohjausjärjestelmässä

**Päivämäärä:** 9.5.1996

**Sivumäärä:** 65

**Osasto:** Tietotekniikan osasto *Tik-laitos* **Professori:** Tik-93 Tietämystekniikka

**Työn valvoja:** Professori Markku Syrjänen

**Työn ohjaaja:** DI Jussi Mankki


Työssä kuvataan graafisen alan yrityksen tuotannonohjaukset tarpeet, erityisesti tuotesuunnittelun näkökulmasta, selvitetään painotuotteen suunnitteluprosessin tuotesuunnittelujärjestelmälle asettamat vaatimukset sekä toteutetaan vaatimusten mukainen järjestelmä.

Aikakauslehtipainon tuotannonohjauksen tarpeita tarkastellaan tuotteen toimitusprosessin avulla. Prosessi koostuu seuraavista vaiheista: myynti, tuotesuunnittelu, tuotannonsuunnittelu, tuotanto, lähetys ja laskutus. Tuotesuunnittelun kannalta kiinnostavia vaiheita ovat myynti, tuotesuunnittelu ja tuotannonsuunnittelu. Painotuote voidaan mallintaa kolmen tuotemallinäkökulman avulla: sisältörakennemalli, sivuntaittomalli ja fyysinen tuotemalli. Tässä työssä painotuotteen suunnittelua on käsitelty lähinnä fyysisen tuotemallin näkökulmasta. Fyysinen tuotemalli kuvaa painotuotteen osat ja materiaalit sekä näiden ominaisuudet.

Työssä määritelty painotuotteen suunnitteluprosessi koostuu seuraavista vaiheista: tuotteen määrittely, fyysisen rakenteen suunnittelu ja valmistuksen suunnittelu. Alustava tuotteen määrittely tapahtuu yleensä tarjousvaiheessa, kun myyjä määrittelee asiakkaan kanssa valmistettavan tuotteen yleiset ominaisuudet. Fyysisen rakenteen suunnittelu on varsinaisen tuotemallin määrittelyvaihe, jonka lopputuloksena syntyy tuotesuunnitelma. Tuotesuunnitelman pohjalta voidaan tehdä valmistuksen suunnittelu, jossa kuvataan tuotteen tuotantoprosessi.

Kehitetty tuotesuunnittelujärjestelmä kuuluu osana Painoalan tehdasjärjestelmään (PATE), joka on Dialogos-Team Oy:n Lean System -tuotannonohjausjärjestelmän graafiselle alalle sovitettu versio. Tuotesuunnittelu PATE-järjestelmässä tapahtuu pääosin Rakenne-sovelluksessa. Diplomityön keskeinen sisältö muodostuu tämän Rakenne-sovelluksen toiminnallisen perusratkaisun kuvaamisesta. Tuotesuunnittelu PATE-järjestelmässä noudattaa edellä kuvatun painotuotteen suunnitteluprosessin vaiheita. Painotuotteen tuotemalli ja valmistusmalli kuvataan järjestelmässä valmistusrakenteen avulla. Tuotteen valmistusrakenteen perusteella voidaan laskea tuotteen valmistamisen aiheuttama kuormitus ja materiaalit tarpeet.

Työn alkuosassa hyvälle tuotesuunnittelujärjestelmälle asetettujen vaatimusten ja saatujen käyttökokemusten perusteella todettiin, että kehitetty järjestelmä vastaa aikakauslehtipainon tarpeita ja soveltuu sellaisenaan painotuotteiden suunnittelujärjestelmäksi. Merkittävä jatkokehitystarve on erillisen tarjouslaskentasovelluksen toteuttaminen, jolloin PATE-järjestelmä kattaa koko tuotesuunnitteluprosessin.

<b>Author:</b>	Timo Vuorenmaa		
<b>Name of the thesis:</b>	Product Planning in a Production Management System for Graphic Arts Industry		
<b>Date:</b> May 9, 1996		<b>Number of pages:</b> 65	
<b>Faculty:</b> Faculty of Information Technology	<b>Professorship:</b> Tik-93 Knowledge Engineering		
<b>Supervisor:</b>	Professor Markku Syrjänen		
<b>Instructor:</b>	M.Sc. Jussi Mankki		
<p>The thesis describes the production management needs in the graphic arts industry, especially from the viewpoint of product planning. The requirements for a product planning system are defined according to the needs of the planning process of printed products. After this, a planning system to comply with these requirements is implemented.</p> <p>The production management needs of a printing press are examined with the help of the product delivery process. The delivery process consists of the following phases: sales, product planning, production planning, delivery and invoicing. From the viewpoint of product planning, the interesting phases are sales, product planning and production planning. Printed products can be modelled using three different product models: the construction model of the contents, the layout model and the physical product model. This thesis concentrates on the physical product model. In this model, the components and materials of the printed product including their features are described.</p> <p>The planning process of a printed product consists of the following phases: the definition of the product, the planning of the physical construction and the planning of the manufacturing. The product is defined preliminarily during the sales offer phase when the seller and the customer together define the general features of the product. The planning of the physical construction is the actual definition phase of the product model, as a result of which the product plan comes into existence. Based on the product plan the manufacturing is planned. The manufacturing plan describes the manufacturing process of the product.</p> <p>The developed product planning system is part of PATE, a production management system for the graphic arts industry. PATE is a tailored version of Lean System, a production management system developed by Dialogos-Team Oy. Product planning in PATE is done in the Construction application. The contents of this application is described in the thesis.</p> <p>Based on the requirements defined earlier and the feedback from the users, the developed system can be considered to fulfill the needs of a printing press and is thus suitable for product planning in the graphic arts industry. An important need for future development is to implement a sales offer calculation application. With this feature, PATE will cover the whole product planning process.</p>			



## Esipuhe

Tämä työ on tehty Dialogos-Team Oy:ssä PATE-järjestelmän suunnittelu- ja kehitysprojektin puitteissa. Kiitän Dialogos-Team Oy:tä käyttööni saamista resursseista ja erityisesti työni ohjaajaa, DI Jussi Mankkia, arvokkaista neuvoista ja ohjeista työn kirjoittamisessa.

Työni valvojana toimineelle professori Markku Syrjäselle esitän parhaat kiitokseni hänen työtäni kohtaan osoittamastaan mielenkiinnosta sekä avusta työn viimeistelyssä ja loppuun saattamisessa.

Suurimmat kiitokset tämän työn tekemisestä kuuluvat vaimolleni Soilalle sekä Villepojallamme. Ilman heidän tukeaan ja kärsivällisyyttään tämän työn tekeminen ei olisi ollut mahdollista.

Espoo, 9.5.1996

Timo Vuorenmaa



# Sisältö

<b>1. JOHDANTO</b>	<b>1</b>
1.1 Työn tausta	1
1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset	1
1.3 Työn sisältö	2
<b>2. GRAAFISEN ALAN YRITYKSEN OHJAUS</b>	<b>3</b>
2.1 Tuotannonohjauksen käsite	3
2.2 Tuotannonohjauksen tavoitteet	3
2.3 Tuotannonohjaus suunnitteluprosessina	5
2.4 Ohjausjärjestelmän sisältö	6
2.5 Graafisen alan tuotannon erityispiirteitä	9
2.6 Lehtituotanto	10
2.7 Aikakauslehtipainon tuotannonohjaus	11
<b>3. PAINOTUOTTEEN SUUNNITTELU</b>	<b>13</b>
3.1 Tuotemallin käsite	13
3.2 Painotuotteen tuotemalli	14
3.3 Painotuotteen suunnitteluprosessi	15
3.4 Suunnittelumallien määrittely	16
3.5 Tuotannonsuunnittelu	17
3.6 Säännöllisesti toistuvan painotuotteen erityispiirteet	18
3.7 Vaatimukset painotuotteen suunnittelujärjestelmälle	18
<b>4. PATE - PAINOALAN TEHDASJÄRJESTELMÄ</b>	<b>20</b>
4.1 Yleistä	20
4.2 Lean System -ohjausperiaatteet	20
4.3 Järjestelmän rakenne	22
4.4 Liittymät muihin sovelluksiin	26
4.5 Käyttöliittymän ominaisuuksia	26
<b>5. TUOTESUUNNITTELU PATE-JÄRJESTELMÄSSÄ</b>	<b>32</b>
5.1 PATE-tuotehallinnan käsitteitä	32
5.2 Valmistusrakenteen sisältö ja liittymät	33
5.2.1 Valmistusrakenteen käsittemalli	33
5.2.2 Myyntitilauksen käsittemalli	35
5.2.3 Valmistuksen käsittemalli	35
5.2.4 Valmistusrakenteen liittyminen myyntiin ja valmistukseen	36

5.3 Valmistusrakenteen suunnittelu	37
5.3.1 Suunnitteluprosessi	37
5.3.2 Valmistusrakenteen otsikkotiedot	38
5.3.3 Tuotteen tekniset tiedot	38
5.3.4 Tuotteen osatiedot	40
5.3.5 Työvaiheet	40
5.3.6 Tuotteen materiaalit	43
5.4 Valmistusrakenteeseen perustuva kuormitus- ja materiaalilaskenta	45
5.4.1 Laskentakaavoissa käytetyt muuttujat	45
5.4.2 Laskentaparametrit	46
5.4.3 Kuormituslaskenta	46
5.4.4 Materiaalilaskenta	49
5.5 Valmistusrakenteisiin perustuva tuotannonsuunnittelu	51
5.5.1 Työn ja materiaalivarausten luonti	51
5.5.2 Työn ajoitus ja hienokuormitus	53
5.5.3 Töiden kopiointi	54
5.6 PATE-tuotesuunnittelu: yhteenveto	56
<b>6. PÄÄTELMÄT</b>	<b>57</b>
6.1 Vastaavuus vaatimuksiin	57
6.2 Arvioita järjestelmän käytöstä	59
6.3 Järjestelmän soveltuvuus painotuotteiden suunnitteluun	61
<b>7. YHTEENVETO</b>	<b>62</b>

## Kuvien luettelo

<i>Kuva 1. Tuotannonohjaus yleisenä suunnitteluprosessina .....</i>	<i>6</i>
<i>Kuva 2. Tuotannonohjausjärjestelmän rakenne [Haverila 1994] .....</i>	<i>7</i>
<i>Kuva 3. Tuotannonohjausjärjestelmän perustoiminnot .....</i>	<i>8</i>
<i>Kuva 4. Painotuotannon vaiheet .....</i>	<i>10</i>
<i>Kuva 5. Lehden fyysinen rakenne. ....</i>	<i>11</i>
<i>Kuva 6. Painotalon tuotannonohjaus. ....</i>	<i>12</i>
<i>Kuva 7. Tuotesuunnittelussa käytettävät mallit .....</i>	<i>13</i>
<i>Kuva 8. Painotuotteen tuotemallin osat [Pesonen 1993] .....</i>	<i>14</i>
<i>Kuva 9. Painotuotteen suunnitteluprosessi .....</i>	<i>15</i>
<i>Kuva 10. Suunnittelumallien määrittely .....</i>	<i>16</i>
<i>Kuva 11. Esimerkki painotuotannon vaiheistuksesta .....</i>	<i>17</i>
<i>Kuva 12. Joustavan ohjausjärjestelmän rakenne [Mankki 1994]. ....</i>	<i>21</i>
<i>Kuva 13. PATE-järjestelmän rakenne .....</i>	<i>23</i>
<i>Kuva 14. Taululomake. ....</i>	<i>27</i>
<i>Kuva 15. Perustietolomake. ....</i>	<i>28</i>
<i>Kuva 16. Info-, teksti-, dokumentti- ja hälytystiedot. ....</i>	<i>29</i>
<i>Kuva 17. Dokumentit-ikkuna. ....</i>	<i>30</i>
<i>Kuva 18. Hälytykset-ikkuna. ....</i>	<i>31</i>
<i>Kuva 19. Painotuotteen käsitemalli PATE-järjestelmässä .....</i>	<i>33</i>
<i>Kuva 20. Myyntilauksen käsitemalli .....</i>	<i>35</i>
<i>Kuva 21. Valmistuksen käsitemalli .....</i>	<i>36</i>
<i>Kuva 22. Valmistusrakenteen liittyminen myyntiin ja valmistukseen .....</i>	<i>36</i>
<i>Kuva 23. Painotuotteen suunnitteluprosessi PATE-järjestelmässä .....</i>	<i>37</i>
<i>Kuva 24. Valmistusrakenteen otsikkotiedot .....</i>	<i>38</i>
<i>Kuva 25. Painotuotteen tekniset tiedot ja osatiedot .....</i>	<i>39</i>
<i>Kuva 26. PATE-järjestelmän vaihemallit .....</i>	<i>41</i>
<i>Kuva 27. Esimerkki painotyön vakiovaiheista .....</i>	<i>41</i>
<i>Kuva 28. Valmistusrakenteen työvaiheet .....</i>	<i>42</i>
<i>Kuva 29. Valmistusrakenteen työvaiheen perustiedot .....</i>	<i>43</i>
<i>Kuva 30. Valmistusrakenteen materiaalityypit .....</i>	<i>44</i>
<i>Kuva 31. Kuormituslaskenta PATE-järjestelmässä .....</i>	<i>47</i>
<i>Kuva 32. Materiaalilaskenta PATE-järjestelmässä .....</i>	<i>49</i>
<i>Kuva 33. Työn ja materiaalityypien luonti valmistusrakenteesta .....</i>	<i>51</i>
<i>Kuva 34. Työn materiaalityypit .....</i>	<i>52</i>
<i>Kuva 35. Työn ajoitus ja kuormitus Ohjaustyöasemalla .....</i>	<i>53</i>
<i>Kuva 36. Työn kopiointi .....</i>	<i>55</i>
<i>Kuva 37. Yhteenveto PATE-tuotesuunnittelusta .....</i>	<i>56</i>



# 1. Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Tämä diplomityö on tehty Dialogos-Team Oy:ssä osana Lean System -tuotannon-ohjausjärjestelmän tuotekehitystä. Dialogos-Team Oy on Tieto-konserniin<sup>1</sup> kuuluva yritysten toiminnanohjaukseen erikoistunut ohjelmistotalo, joka toimittaa Lean System -tuoteperheeseen kuuluvia valmisohjelmistoja sekä asiakaskohtaisia tuotannonohjauksen ohjelmistoja.

Työssä kuvattu tuotesuunnittelujärjestelmä on toteutettu osana PATE-tuotannonohjausjärjestelmää ja on käytössä useilla Dialogos-Teamin asiakkailla. PATE (painoalan tehdasjärjestelmä) on Lean System -järjestelmän graafisen toimialan tarpeisiin sovitettu versio. PATE-järjestelmän kehitysprojekti alkoi vuoden 1994 lopulla ja tuotantokäyttöön järjestelmä otettiin vuoden 1996 alussa.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Työssä kuvataan graafisen alan tuotannonohjausjärjestelmään toteutettu tuotesuunnittelujärjestelmä ja tuotesuunnitelmien hyödyntäminen graafisen alan yrityksen tuotannonsuunnittelussa ja valmistuksenohjauksessa.

Diplomityön tavoitteena on

- kuvata graafisen alan yrityksen tuotannonohjauksen tarpeet,
- kuvata painotuotteen suunnitteluprosessiin liittyvät käsitteet ja yleisimmät ratkaisumallit tuotesuunnitelmien hallitsemiseksi,
- selvittää painotuotteen suunnitteluprosessia hyvin tukevalle tuotesuunnittelujärjestelmälle asetettavat vaatimukset sekä
- toteuttaa toiminnallinen perusratkaisu tuotesuunnittelun hallintaan graafisen alan PATE-tuotannonohjausjärjestelmässä.

Diplomityössä kuvattava tuotesuunnittelujärjestelmä perustuu ensijaisesti lehtipainoissa valmistettavien tuotteiden tarpeisiin eli työ on rajattu käsittelemään säännöllisesti toistuvan lehtityyppisen painotuotteen mallinnusta. Esimerkkituotteena käytetään aikakauslehteä. Rajausta ei ole kuitenkaan ehdoton, koska aikakauslehti on rakenteeltaan siinä määrin tyypillinen painotuote, että sen kuvaamiseksi tarvittavilla käsitteillä ja käsitteiden välisillä suhteilla voidaan kuvata useimmat muunkin tyyppiset painotuotteet (mainospainotuotteet, kirjat jne).

---

<sup>1</sup> Tieto-konsernin muodostaa TT Tieto Oy tytäryhtiöineen. TT Tieto Oy on tietotekniikan asiantuntija-, käsittely- ja ohjelmistopalveluihin keskittyvä atk-palvelukonserni, jonka arvioitu liikevaihto vuonna 1996 on 2 miljardia markkaa ja henkilöstömäärä noin 3500.

### 1.3 Työn sisältö

Luvussa 2 “Graafisen alan yrityksen ohjaus” kuvataan graafisen alan tuotannonohjausjärjestelmän toimintaympäristö. Luvun alkuosassa käydään lyhyesti läpi tuotannonohjausjärjestelmien yleiset piirteet. Tämä toimii lähinnä taustatietona luvun loppuosalle, jossa keskitytään tuotannonohjaukseen graafisen alan yrityksen näkökulmasta. Siinä kuvataan graafisen alan tuotannon erityispiirteet, painotuotannon perusvaiheet, tuotteen perusrakenne sekä esitetään yleiskuva aikakauslehtipainon tuotannonohjauksesta.

Luvussa 3 “Painotuotteen suunnittelu” esitellään tuotesuunnitteluprosessiin liittyvät keskeisimmät käsitteet sekä määritellään hyvältä tuotesuunnittelujärjestelmältä vaadittavat ominaisuudet. Näitä vaatimuksia käytetään hyväksi työn loppuosassa arvioitaessa toteutetun järjestelmän soveltuvuutta painotuotteiden suunnittelujärjestelmäksi. Esimerkkituotteena käsitellään työn rajausten mukaisesti aikakauslehteä.

Seuraavassa luvussa 4 “PATE - painoalan tehdasjärjestelmä” kuvataan diplomityön pohjana oleva PATE-tuotannonohjausjärjestelmä.

Diplomityössä toteutettu toiminnallinen ratkaisu on esitetty luvussa 5 “Tuotesuunnittelu PATE-järjestelmässä”. Luku sisältää kuvauksen PATE:ssa käytetyistä tietorakenteista ja ohjelmista, joilla tietorakenteita hallitaan ja käytetään hyväksi järjestelmän muissa osissa (esimerkiksi tuotannonsuunnittelu, valmistuksenohjaus).

Luvussa 6 “Päätelmät” arvioidaan, kuinka hyvin työssä kehitetty ratkaisu soveltuu graafisen alan tuotesuunnitteluun käyttäen hyväksi työn alkuosassa määriteltyjä vaatimuksia sekä tähän mennessä järjestelmästä saatuja käytännön kokemuksia.

Viimeinen luku sisältää yhteenvedon diplomityön tavoitteista, sisällöstä ja tuloksista.



## 2. Graafisen alan yrityksen ohjaus

### 2.1 Tuotannonohjauksen käsite

Tuotannonohjauksella tarkoitetaan *markkinoinnin, tuotannon ja materiaalitoimintojen operatiivista yhteensopeuttamista tuotantotavoitteiden saavuttamiseksi* [Aaltio 1976]. Tuotannonohjaus käsittää tällöin lähinnä tuotannon resurssien operatiivisen ohjauksen. Tuotannolla tässä yhteydessä tarkoitetaan hankintaa, valmistusta ja jakelua, ei siis pelkästään valmistusprosessia.

Tuotannonohjauksen käsitteistö ja sanasto ovat kirjavia. Itse tuotannonohjauksen sisältö käytännön toimintana ei ole muuttunut, vaan tuotannonohjauksen teorian kehittyminen ja sen mukana käytännön parempi osaaminen on vaatinut käsitteen nimeämistä uudelleen. Tuotannonohjauksen teoria alkoi muodostua 1950-luvulla, jolloin käytettiin termiä *työnsuunnittelu*. Työnsuunnittelun teoria käsitti erilaisia tuotannon ajoituksen tekniikoita. 1960-luvulla mielenkiinto kohdistui varastoihin (varastojen hallintaan oli menetelmiä jo 1910-luvulta lähtien) ja 1970-luvulla teoria laajeni asioiden seuraamisesta niiden suunnitteluun. Samalla alettiin käyttää yleisesti termiä *tuotannon-suunnittelu*. Myöhemmin termi *tuotannonohjaus* on yleistynyt [INSKO 1989].

Nykyään yrityksen tuotantotoiminnan ohjauksesta ollaan alettu käyttää myös termiä *toiminnanohjaus*, jonka käsitteellistä sisältöä ei olla yksikäsitteisesti määritelty. Esimerkiksi Yhdysvalloissa toiminnanohjauksella käsitetään usein alkuperäistä tuotannonohjausta laajempaa käsitettä, joka sisältää myös palveluelinkeinot. Tällöin toiminnanohjauksella tarkoitetaan siis yrityksen tuotantoa varten tarvittavien fyysisten voimavarojen ohjausta riippumatta siitä, onko tuote valmiste vai palvelu. Toisaalta toiminnanohjaus voidaan ymmärtää tuotannonohjauksena, joka voi sisältää myös strategisen ohjauksen tai muiden kuin tuotantotoimintojen ohjauksen.

Tässä diplomityössä käytetään yrityksen tuotantotoiminnan ohjauksesta termiä *tuotannonohjaus*, jolla siis tarkoitetaan *yrityksen jokapäiväisen tuotantotoiminnan ohjaamista*.

### 2.2 Tuotannonohjauksen tavoitteet

Tuotannonohjauksen tavoitteet voidaan johtaa yrityksen toiminnan tavoitteista. Teollisuusyrityksen toiminta tähtää yleensä yhteen tavoitteeseen: *kannattavaan liiketoimintaan*. Yrityksen kaikkien toimintojen perimmäisenä tarkoituksena on tämän tavoitteen saavuttaminen. Liiketoiminnan päämääränä on asiakkaan tarpeista lähtevien tuotteiden tai palveluiden tuottaminen kannattavasti ja tuominen asiakkaan saataville.

Jotta yrityksen liiketoiminta olisi kannattavaa, täytyy sen toiminnan olla *tuottavaa* (tuottavuus = tuotos/panos), tuotteiden *laadukkaita* (laatu = tuotteen kyky täyttää asiakkaan tarpeet) sekä *toimituskyvyn* hyvä (toimituskyky = kyky toimittaa asiakkaan tarvitsema tuote oikeaan aikaan). Tuotannonohjauksen tehtävänä on pyrkiä näihin tavoitteisiin ohjaamalla yrityksen resurssien käyttöä mahdollisimman tarkoituksenmukaisella tavalla. Lisäksi tuotannonohjaukseen liitetään yleensä vaatimus tuotantojärjestelmän *ohjattavuudesta*, koska se vaikuttaa keskeisesti ohjauksessa käytettäviin periaatteisiin ja menetelmiin.



Edellä mainituista yritystoiminnan tavoitteista voidaan johtaa tuotannonohjaukselle asetettavat tavoitteet [Haverila 1993]:

- toimituskyky,
- toimintaan sitoutuneen vaihto-omaisuuden minimointi,
- kapasiteetin korkea kuormitusaste sekä
- ohjattavuus.

*Toimituskyky.* Toimituskyvyllä tarkoitetaan kykyä toimittaa asiakkaan tarvitsema tuote oikeaan aikaan. Toimituskyky on pidettävä asiakkaan vaatimalla tasolla. Yrityksen toiminta on suunniteltava siten, että riittävä toimitusvalmius säilyy. Toimituskykyyn liittyy usein vaatimus tilaustuotteiden joustavasta valmistuksesta ja asiakkaiden yksilöllisten vaatimusten ottamisesta huomioon.

*Vaihto-omaisuuden minimointi.* Vaihto-omaisuuteen sitoutuu huomattava osuus yrityksen pääomasta. Yrityksen toimintaa on ohjattava siten, että mahdollisimman vähän rahaa sitoutuu raaka-aineisiin, keskeneräiseen työhön ja lopputuotevarastoihin.

*Kapasiteetin korkea kuormitusaste.* Tuotantolaitteisiin, koneisiin ja tuotantotiloihin sitoutuneen pääoman tuottavuus on sitä parempi, mitä suurempi tuotanto on. Henkilöstön, koneiden ja tuotantolaitteiden tehokas tuotanto saavutetaan suunnitelmalla toimintaa siten, ettei töiden puutteesta tai odotuksesta synny kapasiteetin vajaakäyttöä.

*Ohjattavuus.* Tuotantojärjestelmän ohjattavuudella tarkoitetaan sen kykyä saavuttaa sille asetetut ohjaustavoitteet. Mikäli järjestelmän ohjattavuus on huono, ohjauksella voidaan vaikuttaa hyvin rajallisesti tuotannon tavoitteiden toteutumiseen.

Tuotannonohjauksen tavoitteiden saavuttamista vaikeuttaa suuresti tavoitteiden keskinäinen ristiriitaisuus. Hyvä toimituskyky edellyttää tuotteiden ja raaka-aineiden varmuusvarastoja sekä valmiutta pienten tuotantoerien valmistamiseen. Toisaalta kapasiteetin korkea kuormitusaste on mahdollista saavuttaa valmistamalla vakiotuotteita pitkinä sarjoina. Pitkät sarjat puolestaan edellyttävät myös suuria varastoja. Vaihto-omaisuuden minimointi taas edellyttää varastojen pitämistä pieninä sekä pieniä valmistussarjoja, jotta keskeneräiseen tuotantoon sitoutuva pääoma olisi mahdollisimman pieni.

Oheiset esimerkit antavat kuvan siitä, kuinka monimutkainen tehtävä on yhteensovittaa nämä tuotannonohjauksen eri tavoitteet keskenään. Toiminnan ohjattavuuden merkitys on viime vuosina korostunut, koska se on osoittautunut parhaaksi keinoksi eri tavoitteiden toteuttamisessa [Haverila 1993].

## 2.3 Tuotannonohjaus suunnitteluprosessina

Tuotannonohjausta voidaan tarkastella vaiheittain etenevänä suunnitteluprosessina, joka koostuu seuraavista osa-alueista [INSKO 1989]:

- myyntiennusteiden laatiminen,
- karkeasuunnittelu,
- materiaalinohjaus (tarvelaskenta ja hankinnat),
- hienosuunnittelu,
- valmistuksenohjaus,
- tuotannon seuranta sekä
- poikkeamien korjaus.

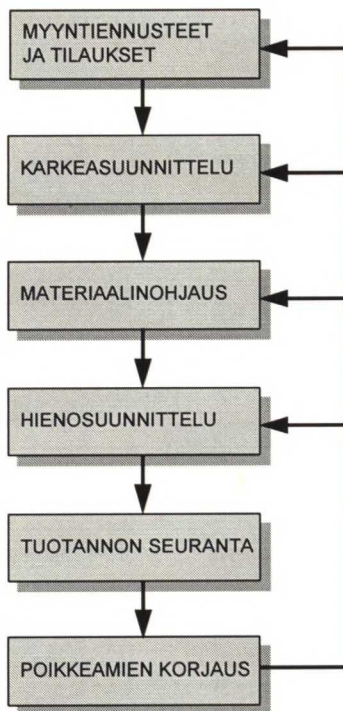
Myyntiennusteet tarkoittavat lopputuotteen kysynnän operatiivisia ennusteita. Myyntiennusteiden laatimisen jälkeen seuraa suunnitteluprosessin tärkein vaihe, karkeasuunnittelu. Karkeasuunnittelun yhteydessä päätetään tuotannon taso, määritellään tarvittavat resurssit ja sopeutetaan myynnin tarpeet ja tuotannon mahdollisuudet toisiinsa. Seuraavaksi lasketaan tuotanto-ohjelmaan sisältyvien tuotteiden vaatimat materiaalit tarpeet, joita käytetään edelleen hienosuunnittelussa. Hienosuunnittelu koostuu töiden ja materiaalit tarpeiden ajoituksesta sekä töiden hienokuormituksesta. Valmistuksenohjauksessa hienosuunnittelun työt voidaan jakaa ajoituksen mukaisesti. Toteutuvaa tuotantoa seurataan ja ohjataan suunnitelmien mukaisesti.

Tehdyt suunnitelmat myös tarkentuvat ajan kuluessa. Suunnittelu on tyypillisesti rullaavaa, jolloin ennusteet ja alustavat suunnitelmat tarkentuvat ja muuttuvat yksityiskohtaisemmiksi suunnitelmiksi, kun lähestytään suunnitelmien toteuttamisajankohtaa.

Osa-alueiden sisältö ja mielekkyys vaihtelevat teollisuuden alan, tuotannon tyypin ym. tekijöiden mukaan. Esimerkiksi varasto-ohjautuvassa tuotannossa operatiivisilla myyntiennusteilla on keskeinen merkitys, kun taas asiakasohjautuvassa tuotannossa niitä ei tarvita lainkaan. Graafisen alan tuotanto on tyypillisesti täysin asiakasohjautuvaa.

Kuvassa 1 on esitetty tuotannonohjaus yleisenä suunnitteluprosessina.





*Kuva 1. Tuotannonohjaus yleisenä suunnitteluprosessina*

## 2.4 Ohjausjärjestelmän sisältö

### Järjestelmien historiaa

Yritysten tuotantotoiminnan ohjausjärjestelmät ovat kehittyneet ja muuttuneet voimakkaasti koko olemassaolonsa ajan. Järjestelmien kehitystä on eniten ohjannut ja rajoittanut tietotekniikan kehitys. Ensimmäiset ohjausjärjestelmät 1960-luvulla olivat suurten yritysten käytössä olevia erittäin raskaita, räätälöityjä ja eräpohjaisia järjestelmiä. Näiden järjestelmien tavoitteena oli rutiinien automatisointi matemaattisten mallien avulla.

1970-luvulle tultaessa järjestelmät muuttuivat tosiaikaisiksi, paketoituiksi järjestelmiksi. Myös keskisuurilla yrityksillä oli mahdollisuus hankkia järjestelmiä, joiden tavoitteena oli rutiinien hoito sekä päätöstiedon hankinta tuotannonsuunnittelua avustamaan.

Tietotekniikan yleistymisen ja halventumisen 1980-luvulla johti siihen, että myös pienille yrityksille tuli mahdolliseksi hankkia ohjausjärjestelmiä toimintansa ohjaamiseen. Rutiinien hoidon lisäksi näiden järjestelmien tehtävänä oli toimia päätöksenteon tukena. Kaikkea ei yritetty automatisoida, vaan käyttäjälle annettiin mahdollisuus päättää asioista, ja ohjausjärjestelmän tehtävänä oli ehdottaa ja varoittaa käyttäjää päätöksiin liittyvistä asioista.

Nykyisille ohjausjärjestelmille ominaisia piirteitä ovat hajautus (asiakas-palvelin-arkkitehtuuri), helppokäyttöisyys (graafiset käyttöliittymät, visuaalisuus) ja modulaarisuus (ohjausjärjestelmä voidaan rakentaa eri valmistajien tuotteista). Rutiinitoimintoja hoitamaan hankitaan yleensä pakettiratkaisu ja vaikeampien ongelmien ratkaisemiseksi hankitaan erikoisohjelmistoja, joilla pyritään parantamaan yrityksen kilpailukykyä.



## Järjestelmän rakenne

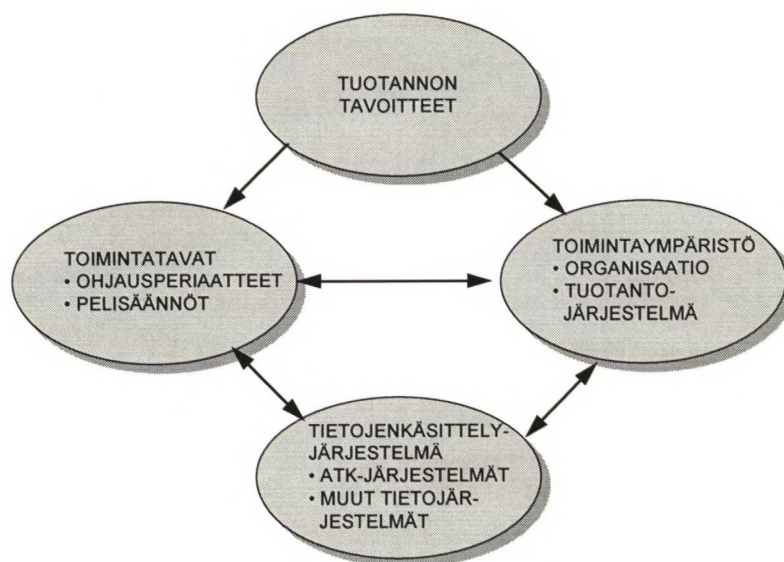
Tuotannonohjaukseen liittyviä asioita voidaan tarkastella tuotannonohjausjärjestelmän rakenteen avulla. Tuotannonohjausjärjestelmä muodostuu kolmesta osasta: tuotannon toimintaympäristöstä, toimintaperiaatteista ja pelisäännöistä sekä tietojenkäsittelyjärjestelmästä [Haverila 1994].

*Tuotannon toimintaympäristö.* Ohjausjärjestelmän kannalta tärkeimmät toimintaympäristön osat ovat yrityksen organisaatio ja tuotantoprosessin ominaisuudet (tuotantojärjestelmä). Organisaatio määrittelee henkilöiden ja yksikköjen tehtävät ja vastuualueet. Tuotantoprosessin ominaisuudet perustuvat tuotantomuotoon, layout-ratkaisuihin ja käytetyn valmistustekniikan ominaisuuksiin.

*Toimintaperiaatteet ja pelisäännöt.* Toimintatavat eli periaatteet ja pelisäännöt määrittelevät yrityksessä noudatettavat ohjeet ja periaatteet eri päätöksentekotilanteissa. Johtamisperiaatteet sekä tavoite- ja kannustusjärjestelmät ohjaavat osaltaan yrityksen toimintaa. Toimintaperiaatteet määrittävät myös rutiininomaisten tehtävien suoritustavan.

*Tietojenkäsittelyjärjestelmä.* Tietojenkäsittelyjärjestelmällä tarkoitetaan yrityksen tietojärjestelmää sekä organisaatioiden välistä tiedonsiirtoa (OVT). Lisäksi siihen kuuluvat manuaalisesti tapahtuva tietojenkäsittely, kuten määrämuotoiset lomakkeet ja raportit.

Kuvassa 2 on kuvattu edellä mainitut tuotannonohjausjärjestelmän osat sekä niiden liittyminen toisiinsa ja tuotannon tavoitteisiin.



Kuva 2. Tuotannonohjausjärjestelmän rakenne [Haverila 1994]

## Järjestelmän toiminnot

Nykyisistä tuotannonohjausjärjestelmistä on selkeästi löydettävistä paljon yhteisiä piirteitä. Teknisissä toteutustavoissa on luonnollisesti eroavuuksia, mutta järjestelmien tarjoamat toiminnot ovat pääosin samansisältöisiä. Tuotannonohjauksen perusjärjestelmä sisältää ainakin seuraavat toiminnot [Mankki 1985]:

- myyntitilausten käsittely,
- myyntilaskutus,
- nimikkeiden ja tuoterakenteiden käsittely,
- eritasoiset valmistussuunnitelmat,
- tarvelaskenta ja materiaalivarausten käsittely,
- kuormitus eri tasoilla,
- ostoehdotukset,
- ostotilausten käsittely,
- toimitusten valvonta,
- varastovalvonta ja -kirjanpito,
- työpaperit ja töiden valvonta sekä
- yhteydet taloushallintoon ja palkanlaskentaan.

Kuvassa 3 on yhteenveto tuotannonohjausjärjestelmän perustoiminnoista.



Kuva 3. Tuotannonohjausjärjestelmän perustoiminnot



## 2.5 Graafisen alan tuotannon erityispiirteitä

Graafisella alalla korostuvat seuraavat tuotannon piirteet:

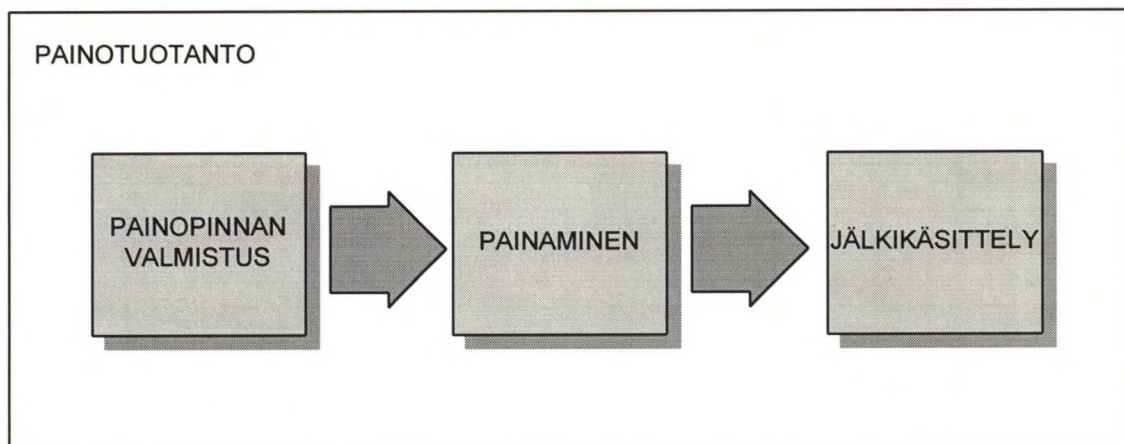
- *Töiden toistuvuus.* Tämä pätee erityisesti säännöllisesti ilmestyviä lehtiä painavien painotalojen kohdalla (aikakauslehdet). Monesti myös pieninä yksittäistöinä tehtävät tuotteet muistuttavat rakenteeltaan toisiaan (esimerkiksi mainospainotuotteet).
- *Nopeatahtinen tuotanto.* Painotyöt kestävät tyypillisesti vain muutamia tunteja, painotuotteen koko tuotantoprosessi (esivalmistus, painaminen, jälkikäsittely) muutamia päiviä. Tämä piirre korostuu entisestään tulevaisuudessa, koska painokoneiden painonopeudet ovat jatkuvasti kasvaneet ja toisaalta keskimääräiset painosmäärät ovat pienentyneet.
- *Töiden aikataulukriittisyys.* Johtuen tuotannon nopeasta tahdist, aikataulussa pysyminen on tärkeää. Usein ilmestyvillä lehdillä on tarkat toimitusaikataulunsa, joista ei voi poiketa. Yksittäisen työn myöhästyminen esimerkiksi aineiston puuttumisen takia voi aiheuttaa suuria ongelmia muun tuotannon järjestelyssä.
- *Asiakaskohtaiset tilaustuotteet.* Toimituskykyä pidetään yhtenä tuotannonohjauksen perustavoitteena (kappale 2.2). Asiakaskohtaisten tilaustuotteiden toimituskyky korostuu graafisella alalla, jolla tuotteiden valmistuksen täytyy olla joustavaa ja asiakkaan yksilölliset vaatimukset huomioon ottavaa. Joustavuus tulee esille muun muassa siinä, että tuotteeseen saattaa tulla muutoksia melko myöhäisessä vaiheessa. Esimerkiksi lopullinen painosmäärä saatetaan vahvistaa vasta, kun tuotetta aletaan painaa.
- *Kapasiteetin korkea kuormitusaste.* Myös tämä tavoite mainittiin kappaleessa 2.2 yhtenä tuotannonohjauksen perustavoitteista. Graafiselle alalle on ominaista, että suuria investointeja vaativien painokoneiden kapasiteetin mahdollisimman tehokas hyödyntäminen on määräävä tekijä tuotannon ohjauksessa.
- *Asiakkaiden pysyvyys.* Säännöllisesti toistuvien painotuotteiden valmistus perustuu yleensä painatussopimuksiin, joissa sovitaan tietyn tuotteen painamisesta tietylle ajalle, esimerkiksi vuodeksi kerrallaan. Myös yksittäistöiden, kuten mainospainotuotteiden, osalta toiminta perustuu usein pidempiaikaisiin asiakassuhteisiin.
- *Historiatietojen hyödyntäminen.* Töiden toistuvuus ja asiakkaiden pysyvyys johtavat siihen, että vanhoja tuoterakenteita voidaan usein käyttää hyväksi suunniteltaessa uusia tuotteita.



## 2.6 Lehtituotanto

Edellisessä kappaleessa lueteltiin merkittävimmät graafisen alan tuotannonohjaukseen vaikuttavat alan erityispiirteet. Tässä kappaleessa kuvataan yksittäisen painotalon tuotantoa. Käsittely rajataan koskemaan *aikakauslehden* valmistusta.

Painotuotteen valmistaminen koostuu kolmesta vaiheesta: *painopinnan valmistus*, *painaminen* ja *jälkikäsittely* (kuva 4). Näistä painaminen on yleensä painotalon toimintaa keskeisesti ohjaava vaihe, koska se on suuripainoksisten lehtien valmistuksessa merkittävä kustannustekijä ja myös ajallisesti vaativa [Bäck 1995].



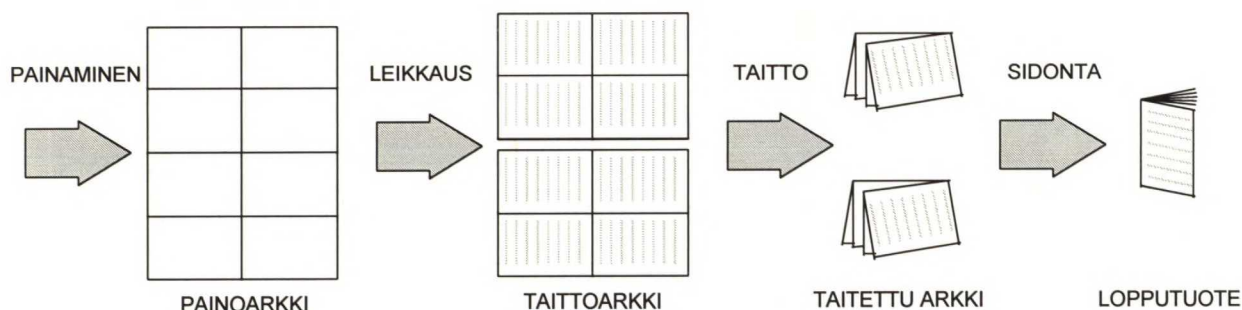
Kuva 4. Painotuotannon vaiheet

Painopinnan valmistuksessa painotuotteen aineisto (tekstit, logo ja liikemerkit, piirroksiset ja valokuvat) muokataan visuaalisten ohjeiden mukaisesti yhtenäiseksi sivuelementiksi erilaisten valomekaanisten ja elektronisten laitteiden ja näistä muodostuvien järjestelmien avulla [Koskinen 1991]. Lopputuotteena saatavista sivufilmeistä muodostetaan painamiseen tarvittavat arkkiasemoinnit, joissa sivufilmit ovat aseteltuina kyseisessä painotuotteessa käytettävän sivujärjestyksen mukaisesti.

Painaminen on tuotteen ensimmäinen varsinainen valmistusvaihe, joka koostuu painokoneen kuntoonlaitosta ja varsinaisesta painamisesta. Painamista edeltää edellisessä vaiheessa tehtyjen sivufilmien kopioiminen painolevyille eli levynvalmistus.

Jälkikäsittelyllä tarkoitetaan painamisen jälkeen tehtäviä tuotteen valmistustoimenpiteitä, kuten leikkaus, taitto, sidonta, mahdollisten liitteiden kiinnittäminen ja pakkaus. Lisäksi tuotteelle voidaan tehdä erilaisia kirjapainoteknisiä erikoiskäsittelyjä (esimerkiksi lakkaus, laminointi, foliointi).

Aikakauslehden koostuminen painoarkeista paino- ja jälkikäsittelyvaiheiden aikana on esitetty kuvassa 5. Painovaiheessa lehden sisältö monistetaan painoarkeille. Painoarkki sisältää lehden sivut asemoituna tuotteessa käytettävän sivujärjestyksen mukaisesti. Painamisen jälkeen arkit leikataan taittoa varten taittoarkeiksi. Seuraavassa vaiheessa taittoarkit taitetaan. Sidontavaiheessa taitetut arkit kootaan oikeaan järjestykseen, reunat leikataan ja sivut sidotaan yhteen. Tässä jälkikäsittelyvaiheessa voidaan myös lopputuotteeseen kiinnittää erilaisia liitteitä tai tuote voidaan pakata.



Kuva 5. Lehden fyysinen rakenne.

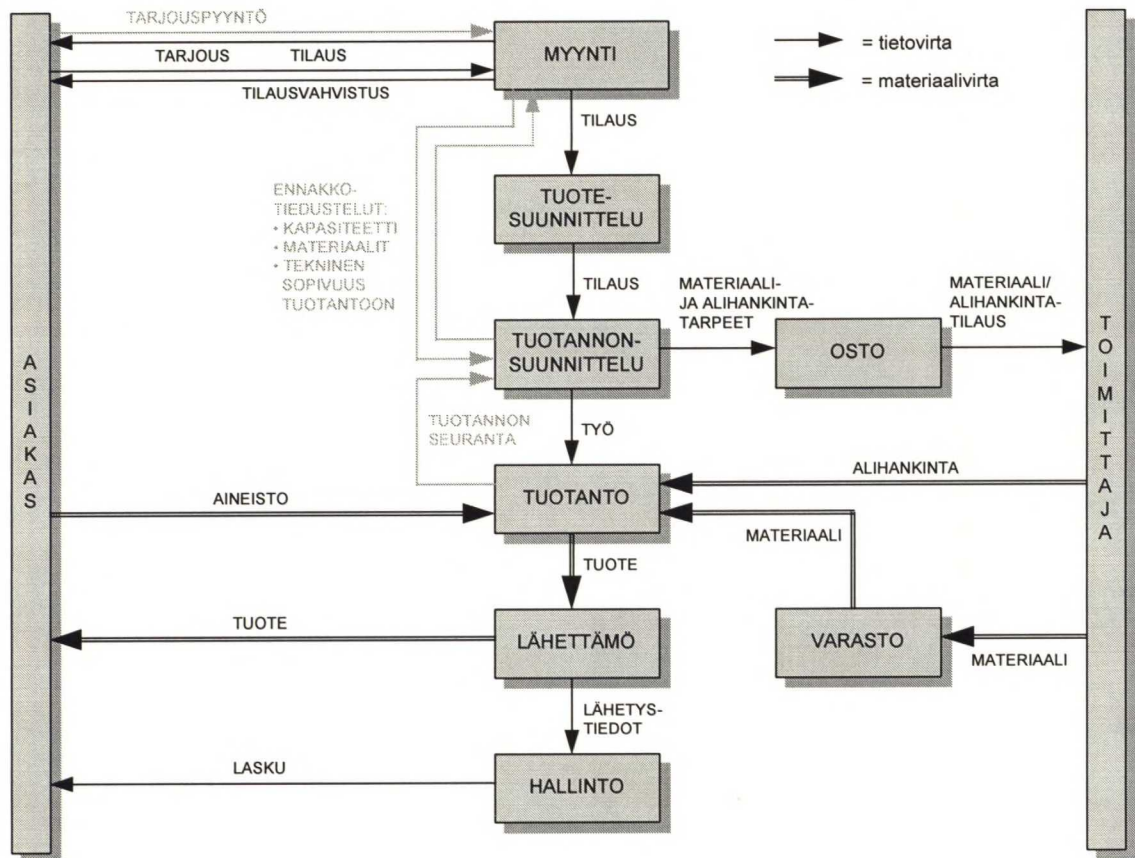
## 2.7 Aikakauslehtipainon tuotannonohjaus

Edellä kuvattiin painotuotteen valmistusprosessi. Tuotannonohjaus laajasti käsitettynä kattaa kuitenkin yrityksen koko tuotantoprosessin, josta varsinainen valmistus on vain pieni osa (kappale 2.1). Kuvassa 6 on esitetty yleiskuva painotalon tuotantoprosessista.

Kuten kuvasta voidaan havaita, painotalon tuotannonohjaus kattaa seuraavan tuotantoprosessin:

1. *Myynti.* Myynti kattaa tässä yhteydessä sekä myyntitilausten käsittelyn että varsinaista tuotantoprosessia edeltävän tarjousvaiheen. Myynti tekee tarjouspyynnön perusteella ennakkotiedustelut tuotannon kapasiteetti- ja materiaalityylanteesta. Tarjouslaskelmaa varten tehdään alustava tuotesuunnitelma, jonka perusteella tehdään asiakkaalle tarjous. Mikäli asiakas hyväksyy tarjouksen, solmitaan painatussopimus, jossa määritellään valmistettavan tuotteen perusrakenne ja toimitusajat.
2. *Tuotesuunnittelu.* Tuotesuunnitteluvaiheessa määritellään painatussopimuksen mukaisen painotuotteen rakenne. Tässä vaiheessa käytetään hyväksi myyntivaiheessa tehtyä alustavaa tuotesuunnitelmaa.
3. *Tuotannonsuunnittelu.* Tuotannonsuunnittelu käsittää tuotesuunnittelussa määriteltujen tuotteiden valmistamiseksi tarvittavien töiden kuormitus- ja materiaalisuunnittelun sekä töiden ajoituksen. Materiaali- ja alihankintatarpeet välitetään ostotilauksina toimittajille.
4. *Tuotanto.* Tuotannolla tarkoitetaan sovitun painotuotteen valmistamista. Painotuotteen valmistamiseen tarvittava aineisto saadaan asiakkaalta tyypillisesti viimeistään tässä vaiheessa (kuva 6). Tuotanto koostuu normaalista painopinnan valmistuksesta, painamisesta ja jälkikäsittelystä (kappale 2.6).
5. *Lähetys.* Tuotteen toimittaminen asiakkaalle on varsinaisen tuotantoprosessin viimeinen vaihe. Toimituksesta lähetetään tieto yrityksen laskutukseen.
6. *Laskutus.* Normaalista toimitusprosessista päättyy laskun lähettämiseen asiakkaalle.





Kuva 6. Painotalon tuotannonohjaus.

Diplomityön aiheena oleva painotuotteen suunnittelu liittyy varsinaista tuotantoa edeltäviin vaiheisiin (myynti, tuotesuunnittelu, tuotannosuunnittelu). Tässä työssä keskitytään lähinnä tuotesuunnitteluun sekä osittain tuotannosuunnitteluun. Myyntivaihetta, joka sisältää tarjouslaskennan ja tuotteen alustavan määrittelyn, ei käsitellä yksityiskohtaisesti.



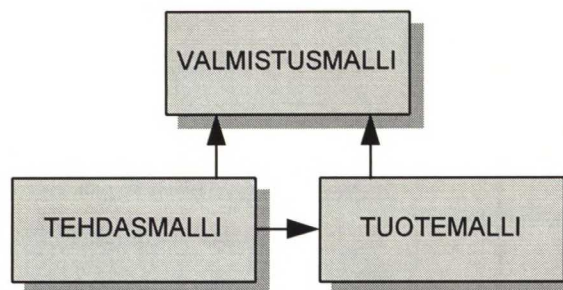
### 3. Painotuotteen suunnittelu

Edellisessä kappaleessa kuvattiin painotalon tuotannonohjausprosessi. Tässä kappaleessa keskitytään diplomityön kannalta keskeiseen tuotantoprosessin vaiheeseen, tuotesuunnitteluun. Tavoitteena on selvittää painotuotteiden suunnitteluun liittyvät keskeiset käsitteet sekä määritellä hyvälle tuotteiden suunnittelujärjestelmälle asetettavat vaatimukset. Näitä vaatimuksia käytetään hyväksi arvioitaessa työssä myöhemmin esiteltävän suunnittelujärjestelmän soveltuvuutta painotalon tuotesuunnittelun välineeksi.

#### 3.1 Tuotemallin käsite

Tuotemalli on laajasti ymmärrettynä *joukko tietorakenteita, joiden avulla voidaan jäsentää tuotteen suunnittelussa ja valmistuksessa tarvittavat tiedot* [Björk 1991]. Tuotemalli sisältää tietoa tuotteen osista, niiden välisistä suhteista sekä osien ominaisuuksista ja raaka-aineista. Tuotemalli on tyypillisesti implementoitu tietojärjestelmään, jolloin sen sisältämiä tietorakenteita voidaan käyttää hyväksi erilaisissa ohjelmistosovelluksissa.

Kuvassa 7 on kuvattu *tuotemallin* suhde muihin tuotteen suunnitteluprosessissa käytettäviin malleihin. Tuotemallin määrittelyn pohjana on *tehdasmalli*, joka sisältää tietoja tuotetta valmistavan tehtaan resursseista ja niihin liittyvistä rajoituksista. Tehdasmalli voi sisältää esimerkiksi resurssimallin (tuotteen valmistukseen käytettävät resurssit) ja prosessimallin (tuotteen valmistukseen tarvittavat työvaiheet ja niiden väliset yhteydet). *Valmistusmallissa* kuvataan tuotteen valmistamiseen tarvittava tuotantoprosessi. Tuotantoprosessin määrittely perustuu tehdasmallin tietoihin tuotannon resursseista sekä tuotemallin sisältämiin tietoihin valmistettavan tuotteen piirteistä.



Kuva 7. Tuotesuunnittelussa käytettävät mallit

### 3.2 Painotuotteen tuotemalli

Painotuote voidaan mallintaa kolmen tuotemallinäkökulman avulla [Pesonen 1993]: *sisältörakennemalli, sivuntaittomalli ja fyysinen tuotemalli* (kuva 8).



Kuva 8. Painotuotteen tuotemallin osat [Pesonen 1993]

*Sisältörakennemallilla* kuvataan painotuotteen sisällön elementtien käsitteellistä hierarkiaa, esimerkiksi sisällön koostumista otsikkosivusta, sisällysluettelosta ja luvuista, lukujen koostumista kappaleista sekä kappaleiden koostumista tekstistä. Sisältörakenteen kuvaamiseen on olemassa ISO-standardin aseman saavuttanut formaali kieli, *SGML* (Standardized General Markup Language) [Goldfarb 1990]. SGML-tuki on tulossa myös tavallisiin tekstinkäsittely- ja dokumentointiohjelmistoihin.

*Sivuntaittomallin* avulla kuvataan lopullisen painotuotteen ulkoasu (layout) tai sivuntaittosuunnitelma. Myös sivuntaittomallin kuvaamiseen on olemassa formaali kieli, *DSSSL* (Document Style Semantics and Specification Language), joka on valmisteilla oleva ISO-standardi [Herwijnen 1991]. Sivuntaittomalliin sisältyvät keskeiset elementit ovat sivukoko, vierukset, typografia ja sijoittelutapa. Typografia käsittää erilaiset tekstityylit ja koot. Sijoittelutavalla tarkoitetaan kaikkea sitä sivun ulkoasutietoa, joka ei sisälly edellä lueteltuihin elementteihin. Esimerkkinä voidaan mainita palstoitus, otsikkotyylit, kuvien sijoittelu, tekstiosuuksien sisennykset, taulukoiden käsittely ja kuvatekstien esitystapa.

*Fyysinen tuotemalli* kuvaa tuotteen osia ja materiaaleja sekä näiden ominaisuuksia. Mallin osatiedoissa on kuvattu tuotteen kaikki fyysiset osat ja liittymät osien välillä. Tyypillisiä painotuotteen osia ovat esimerkiksi yksittäiset painoarkit. Materiaaleista kuvataan materiaalinimikkeet ja niiden ominaisuudet. Painotuotteen fyysisen rakenteen kuvaamiseen ei ole olemassa virallista tai teollisuusstandardia [Bäck 1995]. Syitä tähän on useita. Lopputuotteen rakennetta koskeva suunnittelu- ja määrittästyö tehdään usein ilman tietojärjestelmiä ja vain lopputulos tallennetaan valmistuksesta vastaavan yrityksen tilausten hallintajärjestelmään. Tilauskuvauksen perusteella suunnitellaan valmistustapa, jonka tiedot sisällytetään tuotteen työmääräimeen.

Tässä diplomityössä käsitellään painotuotteen suunnittelua lähinnä edellä kuvatun *fyysisen tuotemallin näkökulmasta*. Esiteltävän järjestelmän peruspiirteisiin kuuluvan multimediaominaisuuden (tietokannan olioihin liitettävät dokumentit) avulla on kuitenkin mahdollista hallita myös sisältörakenne- ja sivuntaittomalleja. Esimerkiksi tuoterakenteeseen voidaan liittää sitä kuvaavat sisältörakenne- ja sivuntaittomallit.



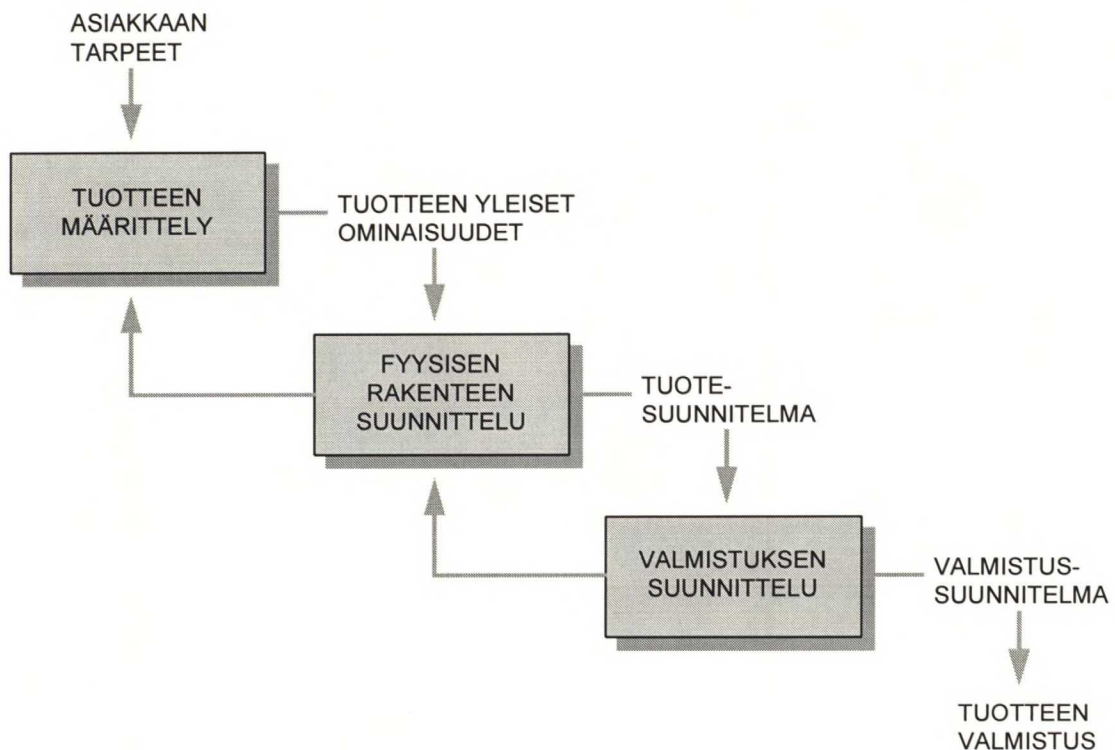
### 3.3 Painotuotteen suunnitteluprosessi

Painotuotteen suunnitteluprosessi voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin: *tuotteen määrittely*, *fyysisen rakenteen suunnittelu* ja *valmistuksen suunnittelu* (kuva 9). Prosessi lähtee liikkeelle asiakkaan tarpeista ja päättyy tuotteen varsinaiseen valmistukseen.

Alustava *tuotteen määrittely* tapahtuu yleensä tarjousvaiheessa, kun myyjä määrittelee asiakkaan kanssa valmistettavan tuotteen yleiset ominaisuudet. Tässä vaiheessa määritellään tärkeimmät tuotteen hintaan vaikuttavat ominaisuudet (esimerkiksi painosmäärä, sivumäärä, tuotteen värillisyyys ja paperin laatu). Tuotteen määrittelyvaiheen tuloksena syntyy alustava tuotesuunnitelma, joka sisältää tuotteen yleiset ominaisuudet.

*Fyysisen rakenteen suunnittelu* on varsinaisen tuotemallin määrittelyvaihe. Siinä tarkennetaan tuotteen alustavassa määrittelyssä syntynyttä kuvausta tuotteen rakenteesta. Tuotteen rakenne kuvataan tuoteosien avulla, joihin liitetään todelliset valmistuksessa käytettävät materiaalit. Vaiheen lopputuloksena syntyy tuotesuunnitelma, joka kuvaa valmistettavan tuotteen ominaisuudet tarkalla tasolla.

Tuotesuunnitelman pohjalta voidaan tehdä *valmistuksen suunnittelu*, jossa kuvataan tuotteen tuotantoprosessi. Tuotantoprosessin määrittely sisältää tuotteen valmistuksessa tehtävät työvaiheet sekä niihin tarvittavat resurssit. Resurssitietojen pohjalta voidaan laskea tarvittavat työmäärät sekä tuotesuunnitelmassa kerrottujen materiaalinimikkeiden materiaalityötarpeet. Vaiheen lopputuloksena syntyy valmistussuunnitelma, jonka pohjalta tuote voidaan valmistaa.



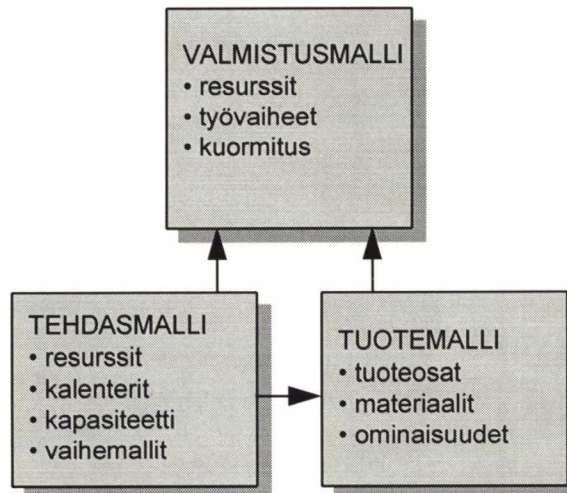
Kuva 9. Painotuotteen suunnitteluprosessi



Vaikka kuvassa prosessi on esitetty joukkona peräkkäisiä vaiheita, tapahtuvat eri vaiheet osittain rinnakkain. Esimerkiksi tuotteen määrittelyn yhteydessä tehdään jo päätöksiä, jotka vaikuttavat valmistuksen suunnitteluun (esimerkiksi painopinnan erikoiskäsittelyt), ja toisaalta valmistuksen suunnittelun yhteydessä saatetaan huomata valmistukseen liittyviä rajoituksia, jotka aiheuttavat muutoksia alkuperäiseen tuotteen määrittelyyn.

### 3.4 Suunnittelumallien määrittely

Edellisissä kappaleissa kuvattiin painotuotteen suunnitteluprosessi, jonka lopputuloksen syntyy tuotesuunnitelma ja valmistussuunnitelma. Kappaleen 3.1 käsitteitä käytettäessä puhutaan *tehdasmallista*, *tuotemallista* ja *valmistusmallista*. Tuatesuunnitelman teko tarkoittaa tuotteen kuvaamista tuotemallin avulla. Valmistuksen suunnittelun lopputuloksena syntyy valmistusmalli. Kaiken pohjana toimii kuvaus yrityksen resursseista eli tehdasmalli. Kuva 10 havainnollistaa tilannetta.



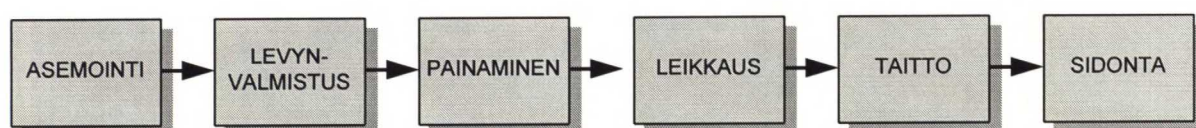
Kuva 10. Suunnittelumallien määrittely

Tehdasmalli sisältää tiedot tuotannon käytössä olevista *resursseista*, resurssien käyttämisestä *kalentereista*, resurssien *kapasiteeteista* sekä mahdollisesti ennalta määritellyistä *vaihemalleista*. Resursseja voivat olla esimerkiksi erilaiset painokoneet, joilla tyypillisesti on valmistuksen kannalta merkittäviä ominaisuuksia (esimerkiksi nopeus, erilaiset kuntoonlaittoajat, maksimiformaatti). Resurssien ja niiden käyttämien kalenterien avulla voidaan määrittellä tehtaan kapasiteetti (milloin ja kuinka kauan resurssit ovat käytettävissä). Tehdasmalli voi myös sisältää valmiita vaihemalleja, joita voidaan käyttää hyväksi määriteltäessä tuotteen valmistusprosessia.

Tuotemalli sisältää määritelmänsä mukaan tiedot tuotteen osista, niiden välisistä suhteista sekä osien ominaisuuksista ja materiaaleista. Tuotemallin määrittelyssä käytetään hyväksi tehdasmallin tietoja.

Merkittävä osa painotuotteen määrittelyä on sen valmistustavan valinta. Tuotteen valmistukseen liittyvät päätökset sisällytetään valmistusmalliin, jossa kuvataan tuotteen

tuotantoprosessi. Valmistusmallia määriteltäessä käytetään hyväksi tuotantoympäristöä kuvaavaa tehdasmallia sekä tuotetta kuvaavaa tuotemallia. Tuotemallin mukaisen tuotteen valmistustavan valinta alkaa tyypillisesti työvaiheiden määrittelyllä. Tarvittavat työvaiheet voidaan yleensä päätellä suoraan tuotemallissa kuvatuista ominaisuuksista (esimerkiksi tuotteen koko, värillisyyys ja erikoiskäsittelyt). Koska painotuotteiden valmistus sisältää yleensä määrättyt vakiovaiheet, voidaan nämä kerätä ns. *vaihemallikirjastoon*. Vaihemallikirjasto voi sisältää esimerkiksi eri painokoneille suunniteltuja vaiheketjuja (koneiden ominaisuudet vaikuttavat työvaiheiden sisältöön). Kuvassa 11 on esimerkki tyypillisestä painotuotteen valmistuksen vaiheistuksesta.



*Kuva 11. Esimerkki painotuotannon vaiheistuksesta*

Kun tuotteen valmistuksessa tarvittavat vaiheet ollaan valittu, ollaan jo todennäköisesti tehty alustava valinta käytettävistä resursseista. Resurssien valinta ja vaiheistus ovat yleensä rinnakkaisia prosesseja. Kun työvaiheet ja niiden kuormittamat resurssit on määriteltä, voidaan suorittaa kuormitus- ja materiaalilaskenta eli laskea työvaiheiden aiheuttama kuormitus ja toisaalta kuormituksen aiheuttama materiaalikäyttö. Materiaali- ja työmääriin vaikuttavat tyypillisesti tuotteen ominaisuudet (esimerkiksi koko, värillisyyys, sivumäärä, painosmäärä), käytettävien materiaalien ominaisuudet (esimerkiksi leveys, neliöpaino) sekä käytettävien resurssien ominaisuudet (esimerkiksi painokoneen nopeus, ajohukka).

### 3.5 Tuotannonsuunnittelu

Kun tuotteen valmistusmalli on määriteltä, tiedetään millainen tuote pitäisi valmistaa (tuotesuunnitelma) ja miten se valmistetaan (valmistussuunnitelma). Kun kaikkien tietyllä ajalla valmistettavien tuotteiden suunnitelmat ovat tiedossa, voidaan niitä käyttää hyväksi tuotannonsuunnittelussa, joka voidaan jakaa töiden ajoitukseen ja materiaalien hankintaan.

*Töiden ajoitus* karkealla tasolla (karkeasuunnittelu) on yleensä tehty jo tilausvaiheessa, jolloin asiakkaalle luvataan tietty toimituspäivä. Luvattu toimitusaika perustuu myyntihetken tietoon tuotannon kapasiteetti- ja materiaalitalanteesta. Töiden tarkempi ajoitus (hienosuunnittelu) tehdään sen jälkeen, kun tarkka valmistussuunnitelma on tiedossa. Hienosuunnitteluun vaikuttaa resurssien kapasiteetti ja tiedossa oleva kuorma. Hienosuunnittelun yhteydessä on mahdollista, että kapasiteettitalanteesta johtuen työlle varattu resurssi joudutaan vaihtamaan tai työn ajoitusta joudutaan muuttamaan.

*Materiaalien hankintaa* voidaan ohjata materiaalilaskennan avulla laskettujen tuoterakenteen materiaalimäärien avulla ja töiden ajoituksessa syntyneiden materiaali-tarvepäivien avulla. Tuoterakenteen materiaaleista voidaan luoda esimerkiksi materiaalivarauksia, jotka ohjaavat yrityksen materiaalihankintaa.



### 3.6 Säännöllisesti toistuvan painotuotteen erityispiirteet

Aikakauslehti on esimerkki säännöllisesti toistuvasta painotuotteesta. Tällaisen tuotteen valmistus perustuu yleensä asiakkaan ja lehtipainon väliseen painatussopimukseen, jossa määritellään tuotteen perusrakenne (vrt. kappale 2.6).

Painatussopimuksen sisältämiä tietoja ovat esimerkiksi:

- ilmestymistiheys,
- ilmestymispäivät,
- koko,
- laajuus (kannen ja sisuksen sivumäärävaihtoehdot),
- värillisyyys,
- sidosasu,
- keskimääräinen painos,
- materiaalit (kansi, sisus),
- painatushinnat eri painosmäärille,
- liitteistysvaihtoehdot ja -hinnat,
- postitusvaihtoehdot ja -hinnat sekä
- toimitus- ja maksuehdot.

Painatussopimukseen sisältyvät tuotteet (lehden yksittäiset numerot) muistuttavat sisällöllisesti toisiaan, jolloin niiden suunnittelussa voidaan käyttää hyväksi yhteistä perustuotemallia. Tällaisissa tapauksissa sovitaan asiakkaan kanssa tuotteen perusformaatin, ja erilaisille poikkeamille perustuotemallista (esimerkiksi sivu- ja painosmäärän numerokohtaiset muutokset) on sopimuksessa erikseen määritellyt hinnat.

### 3.7 Vaatimukset painotuotteen suunnittelujärjestelmälle

Luvussa 2.5 kuvattujen graafisen alan erityispiirteiden ja tämän luvun painotuotteen suunnitteluprosessin kuvauksen perusteella voidaan määritellä ne *ominaisuudet, jotka prosessia hyvin tukevalla tuotesuunnittelujärjestelmässä pitää olla*. Vaatimukset on selkeyden vuoksi jaettu kolmeen ryhmään: suunnittelujärjestelmän yleiset vaatimukset, tuotesuunnitelmaan liittyvät vaatimukset ja valmistussuunnitelmaan liittyvät vaatimukset. Määritellyjä vaatimuksia käytetään hyväksi työn loppuosassa, jossa arvioidaan toteutetun järjestelmän soveltuvuutta painotalon tuotesuunnittelujärjestelmäksi.

#### Suunnittelujärjestelmän yleiset ominaisuudet

*Vaatus 1: Myynnin ja valmistuksen tuotemallien pitää olla yhteensopivia.*

Tuotteen määrittelyvaiheen tuloksena syntyvää kuvausta voidaan käyttää sellaisenaan hyväksi fyysisen rakenteen suunnittelussa, toisin sanoen myynnin käyttämä tuotemalli on yhteensopiva tuotesuunnittelun tuotemallin kanssa. Yhteensopivuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä joko täydellistä yhtenevyyttä (myynnin ja valmistuksen tuotemallit ovat fyysisesti samanlaisia) tai mahdollisuutta generoida myynnin tuotemallista automaattisesti valmistuksen tuotemalli. Muussa tapauksessa joudutaan tekemään ylimääräistä työtä myynnin tuotekuvauksen muuttamisessa manuaalisesti tuotesuunnittelun käyttämään muotoon.



*Vaatus 2: Aikaisemmin määritellyt tuotemalleja voidaan käyttää hyväksi uusia tuotteita suunniteltaessa.*

Historiatietojen hyödyntäminen oli yksi kappaleessa 2 mainituista graafisen alan ominaispiirteistä.

## **Tuotesuunnitelmaan liittyvät vaatimukset**

*Vaatus 3: Tuotteen määrittely on helppoa ja loogista.*

Tuotteen määrittelytyökalun käyttöliittymä on käyttäjäystävällinen ja tuotteen määrittelyprosessi etenee siinä järjestyksessä, jossa käyttäjä käytännössä tuotteen suunnitelee. Valmiiden tuotemallien hyväksikäyttö on helppoa, eikä niiden käyttö edellytä muistinvaraista tietoa.

*Vaatus 4: Materiaalinimikkeiden hallinta on helppoa.*

Painotuotteen materiaalien määrittelyssä valitaan yrityksen materiaalinimikerekisteristä sopivat materiaalit. Materiaalinimikkeiden luokittelu mahdollistaa joustavat haut eri kriteerien suhteen (esimerkiksi laatu, paksuus, paino).

*Vaatus 5: Järjestelmän avulla voidaan käsitellä sisältö rakenne- ja sivuntaittomalleja.*

Vaikka tuotesuunnittelujärjestelmän ensisijaisena tarkoituksena on hallita tuotteen fyysisiä tuotemalleja, pitää sen tarjota myös työkalut mahdollisesti muilla työkaluilla tehtyjen tuotteen sisältö rakenne- ja sivuntaittomallien hallintaan.

## **Valmistussuunnitelmaan liittyvät vaatimukset**

*Vaatus 6: Valmistussuunnitelman määrittelyssä voidaan käyttää hyväksi valmiita vaihemalleja.*

Vaihtoehtoiset työvaiheistukset voidaan tallettaa tietokantaan, josta ne voidaan tuotteen määrittelyn yhteydessä hakea. Haettuja vaihemalleja voidaan muokata ja niitä voidaan yhdistellä keskenään.

*Vaatus 7: Resurssivarausten laskenta perustuu tuotesuunnitelmaan.*

Varauslaskenta perustuu tuotesuunnitelmassa kuvattuihin painotuotteen ominaisuuksiin sekä resurssikohtaisiin teknisiin tietoihin. Erilaiset kuntoonlaittoajat ja työvaiheisiin liittyvä materiaalihävikit voidaan ottaa huomioon resurssien kuormitusta laskettaessa. Tuotteille voidaan antaa myös subjektiivisia vaikeusastekertoimia, joiden avulla vaikutetaan suoraan resurssivarauksiin.

*Vaatus 8: Materiaalitarpeiden laskenta perustuu tuotesuunnitelmaan.*

Materiaalitarpeiden laskennassa otetaan huomioon tuotesuunnitelmassa kuvatut painotuotteen ominaisuudet sekä työvaiheisiin liittyvät materiaalihävikit. Laskentaparametrit ovat materiaali kohtaisesti muutettavissa.

*Vaatus 9: Kustannuslaskenta perustuu valmistussuunnitelmaan.*

Jälkilaskennassa voidaan verrata valmistussuunnitelman mukaisia ja toteutuneita kustannuksia toisiinsa. Valmistussuunnitelmassa lasketut arvot perustuvat tuotesuunnitelman mukaisiin resurssi- ja materiaali varauksiin.

## 4. PATE - painoalan tehdasjärjestelmä

### 4.1 Yleistä

Painoalan tehdasjärjestelmä PATE on graafisen alan tuotannonohjausjärjestelmä, joka perustuu Dialogos-Team Oy:n *Lean System* -järjestelmään. Lean System -perusjärjestelmä kattaa valtaosan eri toimialoilla toimivien yritysten tuotannonohjauksen tarpeista. Koska yritysten tarpeet eroavat kuitenkin jonkin verran toisistaan, on Lean Systemistä kehitetty toimialakohtaisia versioita, kuten tässä esiteltävä graafisen alan versio. Toimialakohtaisia versioita kehitettäessä räätälöinnit on kohdistettu tarkasti rajatulle osa-alueelle (tässä työssä lähemmin esiteltävä Rakenne-sovellus), jolloin suuri osa tuotteesta voidaan pitää perusversion mukaisena. Tämä helpottaa järjestelmän ylläpitoa ja tuotekehitystä tulevaisuudessa.

### 4.2 Lean System -ohjausperiaatteet

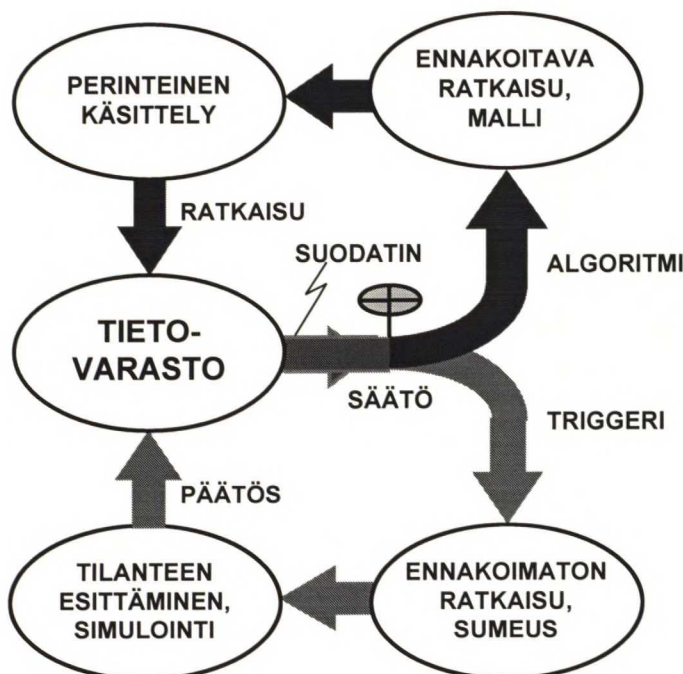
PATE-järjestelmän pohjana oleva Lean System -ratkaisu perustuu *kevyen ja joustavan tuotannonohjauksen* periaatteisiin. Järjestelmää ei ole pyritty rakentamaan kaiken kattavaksi automaatiksi, vaan käyttäjän päätöksenteko ja tilannearviot on nostettu ratkaiseviksi ohjaustekijöiksi tehokkaiden ja havainnollisten työasemaohjelmistojen avulla. Saman ongelmatilanteen ratkaisemiseksi voi lisäksi olla useita erilaisia vaihtoehtoja perustietoratkaisun pysyessä samana. Järjestelmällä ei pyritä hallitsemaan tapahtumia matemaattisen logiikan avulla. Merkittävä osa tietotekniikan kannalta hankalista ”sumeista” ongelmista ja ennakoimattomista poikkeustilanteista annetaan käyttäjän ratkaistavaksi ikkunoivien, graafisten työasemaohjelmistojen avulla. Järjestelmän sisäisen rakenteen ylläpito ei ole tärkein asia, vaan toiminnan sujuminen ja johdonmukainen päätöksenteko.

Järjestelmän toiminnallisena tavoitteena on auttaa ja tukea asiantuntevaa käyttäjää päätöksenteossa, motivoida käyttäjää parempaan suunnitteluun, saada nopeasti ja havainnollisesti esille kaikki päätöksentekoon vaikuttavat tiedot sekä tukea jatkuvaa toiminnan kehittämistä keräämällä ja analysoimalla seurantatietoja.

Lean System -järjestelmässä noudatettavat ohjausperiaatteet on esitetty kuvassa 12. Joustava järjestelmä sisältää kaksi haaraa:

1. *Automaattisessa haarassa* (kuvassa ylemmässä) *ratkaistaan tilanteita tietokoneen käsittelysääntöjen avulla ennalta määrätyllä tavalla*. Tämä ratkaisutapa soveltuu rutiinimaisiin ja toistuviin tilanteisiin, jotka eivät muutu liian nopeasti. Tilanteiden ratkaisuun ei kuulu inhimillisiä painotuksia tai ”sumeita” päättelysääntöjä.
2. *Käsinohjatussa haarassa* (kuvassa alemmassa) *tietojärjestelmä keskittyy esittämään tilannetta ja antamaan käyttäjälle työvälineitä eri ratkaisuvaihtoehtojen analysoimiseen ja parhaan ratkaisun löytämiseen*. Päätöksenteko on nopeaa ja joustavaa sekä voi sisältää myös ”sumeita”, inhimillisiä painotuksia.





Kuva 12. Joustavan ohjausjärjestelmän rakenne [Mankki 1994].

Lean Systemin suunnittelussa on vältetty monimutkaista automatiikkaa, jonka on havaittu tarpeettomasti jäykistävän toimintatapoja. Yrityksen toimintatapa on suhdanne-tilanteesta, organisaation kehittymisestä, kilpailutilanteesta, tuotantolaitteiston ominaisuuksista ja monesta muusta seikasta riippuvainen. Järjestelmän joustavuudessa ei ole kysymys pelkästään sen sopivuudesta yritykseltä toiselle, vaan sen sopivuudesta samalle yrityksille vaihtelevissa tilanteissa. Lean System -periaatteiden mukaan kaikki on mahdollista, mutta kaikkia poikkeuksia ei käsitellä automaattisesti. Järjestelmä havaitsee poikkeamat ja huomauttaa niistä, mutta jättää päätöksenteon ja ratkaisun etsimisen asiantuntijalle.

Lean Systemin tietokantarakenne perustuu *tietovarastoajatteluun*. Rakenne on yksinkertainen ja suoraviivainen, koska monimutkaiset asiat on ratkaistu työasemien käsittelyvoiman ja käyttöliittymien avulla. Tietokannan tasolle ei ole viety kaikkia käsittelysääntöjä ja elementtien välisiä yhteyksiä, vaan suuri osa asioiden yhdistämisestä tapahtuu työasemassa. Näin tietokanta säilyy yksinkertaisena ja kestää hyvin poikkeustilanteita. Samalla tietokanta on rakenteeltaan avoin: siitä on helppo tehdä otoksia käyttäjien omiin työkaluihin.

Ohjelmiston rakenteessa hyväksytään se tosiasia, että käytännön maailmassa monet seikat ja tiedot ovat epävarmoja ja puutteellisia, mutta toimintaa on silti vietävä eteenpäin. Materiaalitulauksia on tehtävä ennusteiden varassa, vielä epävarmaa tilausta varten on pidettävä kapasiteettivarausta toimitusajan varmistamiseksi, tuote voi olla ensimmäisiltä osiltaan jo valmistuksessa, vaikka kokoonpanosuunnitelma on vielä piirustuslaudalla. Peräkkäiskäsittelyn maailmasta on siirrytty nopeasti reagoivaan rinnakkaisten prosessien maailmaan. Lean System -järjestelmä mahdollistaa sen, että asiat ovat kesken tai tiedot puutteellisia, jolloin automatiikkaa ei voida käyttää. Ammattitaitoiset käyttäjät tekevät päätökset, mutta tiedon epävarmuus ei ole este sen syöttämiselle järjestelmään. Epävarman tiedon perusteella saadut tulokset merkitään myös epävarmoiksi (esimerkiksi ennusteisiin pohjautuvat materiaalivaraukset).



Materiaalihallinto tietää tarpeen ja sen varmuusasteen ja reagoi oman ammattitaitonsa mukaan ottaen huomioon kulloinkin vallitsevan saatavuustilanteen, kokonaistarpeen, varastot, mahdollisten pikatäydennysten lisäkustannukset ja muut arvionvaraiset tekijät.

Lean Systemin ohjaustapa rakentuu *vastuuhenkilöiden* ja *vastuuorganisaatioiden* varaan. Kaikki asiat ovat jonkun vastuulla, jonkun työlliställä. Jos asiat etenevät suunnitelluissa puitteissa, ei huomautuksia tai varoituksia anneta. Poikkeustilanteissa on aina tiedossa, ketä asiasta tulee informoida. Organisaation tai toimintatavan muutos muuttaa vastuuketjun rakennetta, mutta ei itse järjestelmää.

Lean Systemin laskentasäännöt ovat joustavia. Järjestelmä ymmärtää, milloin voidaan käyttää automatiikkaa ja milloin tuloksiin on liitettävä tietoa lähtötietojen epävarmuudesta. Käyttäjä voi rajata automaattisia laskenta-ajoja monipuolisilla tavoilla. Myös järjestelmän tila- ja tyyppikoodit voidaan säätää käyttäjäkohtaisesti.

Lean Systemin tietokantaan on valmiiksi sijoitettu käyttötarkoitukseltaan vapaita kenttiä. Näihin lisäkenttiin voidaan sijoittaa sellaisia tietoja, joita ei ole otettu perusversiossa huomioon. Kenttiä varten on olemassa valmiit näytöt. Ikkunointitekniikka mahdollistaa perusnäyttöjen lisäksi isäntänäyttöön synkronoitujen lisätietotyyppisten apunäyttöjen käytön ilman järjestelmän varsinaista räätälöintitarvetta.

Lean Systemin kaikkiin tietoelementteihin voidaan kytkeä vapaamuotoista tekstiä, poikkeustilanteista kertovaa informaatiota, varsinaisia hälytyksiä ja viittauksia mihin tahansa Windows-dokumenttiin (esimerkiksi tarjoukseen voi liittyä taulukkolaskenta-ohjelmistolla tehty laskelma, joka saadaan esille tarjousta tarkasteltaessa). Näiden työvälineiden avulla vähennetään tarvetta määritellä etukäteen kaikkien poikkeustilanteiden hoitotavat ja pystytään tehokkaasti hyödyntämään ikkunoivaa käyttöliittymää.

### 4.3 Järjestelmän rakenne

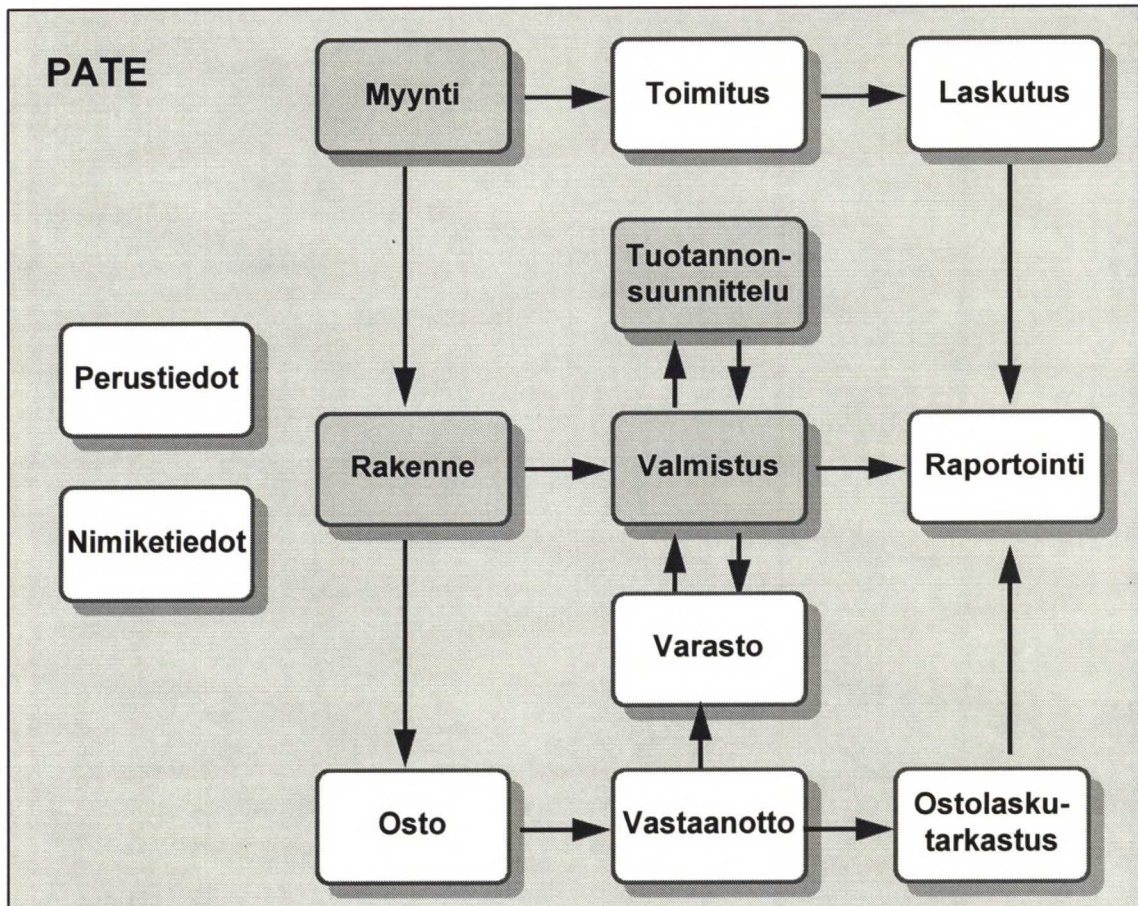
Tässä kappaleessa kuvataan lyhyesti PATE-järjestelmän keskeisten osasovellusten sisältö. Kuvaus ei ole kattava, vaan siinä pyritään lähinnä antamaan yleiskuva työssä esiteltävän Rakenne-sovelluksen toimintaympäristöstä. Kuvassa 13 on esitetty järjestelmän perusrakenne. Selkeyden vuoksi kaikkia osasovellusten välisiä riippuvuuksia ei ole piirretty kuvaan. Diplomityön kannalta keskeiset osasovellukset on esitetty harmaalla värillä.

#### Perustiedot

Perustiedot-sovelluksen avulla ylläpidetään seuraavia tietojoukkoja:

- *Resursseihin liittyvät tiedot.* Resurssiin liittyviä perustietoja, kuten kalentereita, kapasiteetteja ja resurssiin liittyviä omakustannushinnastoja käytetään töiden kuormittamisessa ja työkustannusten laskennassa. Perustiedot-sovellus sisältää siis kappaleessa 3.4 kuvatun *tehdasmallin* tiedot.
- *Yritystiedot.* Järjestelmässä yrityksiä ovat asiakkaat, toimittajat, alihankkijat tai mahdollinen oma organisaatioyksikkö. Näitä perustietoja käytetään oletusarvoina esimerkiksi osto- ja myyntitilauksia kirjattaessa sekä laskutuksessa.





Kuva 13. PATE-järjestelmän rakenne

## Nimiketiedot

Nimiketiedot-sovelluksen avulla ylläpidetään seuraavia tietojoukkoja:

- *Nimikkeet.* Nimikkeitä ovat sekä materiaalit (materiaalinimikkeet) että valmistettavat tuotteet tai komponentit (tuotantonimikkeet). Materiaalinimikkeitä käytetään tuotesuunnittelussa tuotteen materiaaleja määriteltäessä. Kukin tuotesuunnittelussa kuvattava tuote muodostaa oman tuotantonimikkeensä.
- *Rakennemallit.* Rakennemalli on materiaaliluettelo-tyyppinen (BOM)<sup>2</sup> tuotenimikkeen vakiorakenteen kuvaus, jota käytetään vakiotuotteiden rakenteiden kuvaamiseen. PATE-tuotesuunnittelussa ei käytetä vakiorakenteita, vaan asiakaskohtaisia valmistusrakenteita.
- *Työvaihemallit.* Vaihemallin avulla kuvataan tuotteen valmistukseen kuuluvat vaiheet, niihin käytettävät resurssit ja niiden tekemiseen kuluva aika.

<sup>2</sup> BOM = Bill of Materials, materiaaliluettelo

## Myynti

Myynti-sovelluksen perustoimintoja ovat

- ennusteiden ylläpito,
- myyntitilausten ylläpito,
- tilausvahvistuksen tulostus sekä
- myyntitilausten toteutumatietojen päivitys laskutustietojen pohjalta.

PATE-järjestelmän nykyinen versio ei sisällä erillistä tarjouslaskentasovellusta (vrt. kappale 2.6). Myynti-sovellus sisältää vain vahvistetut myyntitilaukset.

## Rakenne

Toimituskohtaisia tuoterakenteita hallitaan Rakenne-sovelluksella, jonka avulla voidaan kuvata ja tallettaa asiakaskohtaisten tuotteiden tuoterakenteet järjestelmään. PATE-järjestelmän keskeinen ero Lean System -perusversioon on tämän Rakenne-sovelluksen räätälöinti graafisen alan tarpeisiin. PATE-version Rakenne-sovellus kuvataan tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

## Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelu sisältää töiden, työvaiheiden ja resurssien käytön ohjauksen. Suunnittelussa käytetään yleensä Ohjaustyöasema-ohjelmistoa, joka on tuotannonsuunnitteluun tarkoitettu graafinen työasemaohjelmisto. Suunnittelu voi tapahtua myös suoraan lomakkeiden avulla ilman graafista työvälinettä.

## Valmistus

Valmistus-sovellus sisältää töiden tarkkaan suunnitteluun (vaiheet, materiaaliveitokset), avaamiseen (työkortit, resurssointi), seurantaan (vaiheittaiset valmistumiset, tunti-seuranta, materiaalitapahtumat, kustannukset) ja päättämiseen liittyvät toiminnot. Valmistus-sovelluksen ominaisuuksia ovat

- töiden käsittely (työluettelo, työn perustiedot, työn vaiheluettelo, työn materiaali-luettelo, työmääräin, materiaalmääräin, suoraan työlle saapuneiden materiaalien hallinta),
- työn aloitettavuuden tarkistus (materiaalit, edelliset vaiheet),
- työn materiaaliveitosten luonti rakenteen perusteella, tarvittaessa kohdistus vaiheille,
- työn vaiherakenteen luonti mallirakenteen pohjalta,
- työn ostoehdotusten luonti (työkohtaiset hankinnat),
- työn etenemisen kirjaus ja seuranta, poikkeamahälytykset sekä
- piirustusten, kuvien ja viestien liittäminen suoraan työlle.



## Toimitus

Toimitus-sovelluksessa tehdään myyntitilauksen perusteella toimitusasiakirjat ja päivitetään varastotiedot. Sovelluksen toiminnallisia ominaisuuksia ovat

- lähetyslistan luonti ja tulostus,
- lähetyslistan mukaisten varastotapahtumien luonti,
- rahtikirjan luonti ja tulostus sekä
- myyntitilauksen toteutumätietojen päivitys lähetystietojen pohjalta.

## Laskutus

Laskutus-sovellus perustuu tilausten tai toimitusten mukaiseen laskutukseen. Sovelluksen toiminnallisia ominaisuuksia ovat

- laskuehdotuksen luonti ja muokkaus tilauksen pohjalta,
- laskuehdotuksen luonti ja muokkaus lähetyksen pohjalta,
- laskun tulostus,
- laskun tiliöinti,
- laskun toteutuman päivitys tilaukselle sekä
- tiliöinnin siirto kirjanpitoon.

## Osto

Osto-sovellusalueen sovellusten (Osto, Vastaanotto, Ostolaskutarkastus) toiminnallisia ominaisuuksia ovat

- ostotilausehdotusten tekeminen ostoehdotuksen ja saldoprofiilin perusteella, tarvittaessa toimittajakohtaisilla nimikkeillä,
- työkohtaiset ostot, materiaalivarauksiin perustuvat ostot, tilauspisteeseen tai visuaaliseen ohjaukseen perustuvat ostot,
- ostotilauksen tulostus,
- vastaanottoluettelon teko kopioimalla ostotilausrivien erätiedoista tai syöttämällä nimikkeet,
- vastaanottoluettelon kohdistus ostotilaukselle,
- vastaanoton varastotapahtumien luonti (tarkastusvarastoon, normaalivarastoon, suoraan työlle),
- vastaanottoasiakirjan tulostus,
- ostotilausten lisäkustannusten kohdistus vastaanotetuille nimikkeille sekä
- toimittajakohtainen seuranta (toimitukset, hinnat, määrät, laatu).

## Varasto

Varasto-sovellus sisältää varastojen ja varastopaikkojen hallinnan, varastosaldojen hallinnan, inventoinnit ja sisäiset sekä varastojen väliset tapahtumat. Varasto-sovelluksen toiminnallisia ominaisuuksia ovat

- varastojen ja varastopaikkojen ylläpito,
- siirrot varastojen ja varastopaikkojen välillä,

- inventoinnin ohjaus, inventointihistoria,
- keräilylistojen hallinta,
- varastotapahtumien kirjaus (saapumiset, otot, palautukset),
- varastoerien kohdistaminen työlle,
- saldoprofiilit,
- varastotapahtumien selaus,
- kiertonopeuksien laskenta,
- varaston arvon laskenta (standardihinta, keskihinta, viimeinen hinta) sekä
- hälytysraja- ja riitto-ohjattujen nimikkeiden ostoehdotusten luonti.

## Raportointi

Raportoinnin toimintoja ovat

- tuote- ja työkohtainen ennakko- ja jälkilaskenta,
- kustannusseuranta,
- tehokkuusseuranta, aikataulupito,
- laatutietojen keruu ja seuranta,
- jäljitys työnvaiheiden ja työlle käytettyjen materiaalien puitteissa sekä
- tilastointi.

## 4.4 Liittymät muihin sovelluksiin

PATE-järjestelmästä voidaan rakentaa asiakaskohtaisesti liittymiä muihin järjestelmiin. Muun muassa seuraavat järjestelmäliittymät on toteutettu:

- liittymä myynnintukijärjestelmään (myyntirakenteet)
- reskontraliittymä (lähetetyt myyntilaskut)
- palkanlaskentaliittymä (tuotannon palkkatapahtumat, todelliset palkkatiedot).

## 4.5 Käyttöliittymän ominaisuuksia

PATE-järjestelmän käyttöliittymä noudattaa Lean System -tuoteperheen käyttöliittymästandardia. Tässä kappaleessa kuvataan muutamia diplomityön kannalta kiinnostavia Lean System -käyttöliittymän piirteitä.

PATE-järjestelmässä tietoja hallitaan ensisijaisesti *taululomakkeilla*, joilla käsitellään useita tietojoukon rivejä kerrallaan, sekä taululomakkeiseen liittyvillä *perustietolomakkeilla*, joilla käsitellään yhden rivin tietoja. Näiden lisäksi järjestelmään kuuluu interaktiiviseen grafiikkaan perustuva Ohjaustyöasema-tuotannonsuunnitteluohjelmisto.

Taululomakkeet koostuvat vakio-osista ja -toiminnoista, joiden avulla tietojen hallinta on yhtenäistä koko järjestelmässä. Seuraavassa on kuvattu lyhyesti taululomakkeen perusominaisuudet (kuva 14):



Tunnus	Versio	i	t	d	h	Nimi	Nim.tunnus	Tila	Työ	Määrä	Yks.
R0092		i	t	d	h	Esimerkki 1/96	ESIM	Arviopainos	VS00150	50000	KF
R0099						Esimerkki 2/96	ESIM	Arviopainos	VS00157	50000	KF
R0100						Esimerkki 3/96	ESIM	Arviopainos	VS00158	50000	KF
R0101						Esimerkki 4/96	ESIM	Arviopainos	VS00159	50000	KF
R0102						Esimerkki 5/96	ESIM	Arviopainos	VS00160	50000	KF
R0103						Esimerkki 6/96	ESIM	Arviopainos	VS00161	50000	KF
R0104						Esimerkki 7/96	ESIM	Arviopainos	VS00162	50000	KF
R0105						Esimerkki 8/96	ESIM	Arviopainos	VS00163	50000	KF
R0106						Esimerkki 9/96	ESIM	Arviopainos	VS00164	50000	KF
R0107						Esimerkki 10/96	ESIM	Arviopainos	VS00165	50000	KF
R0108						Esimerkki 11/96	ESIM	Arviopainos	VS00172	50000	KF
R0121						Esimerkki 12/96	ESIM	Arviopainos	VS00179	50000	KF

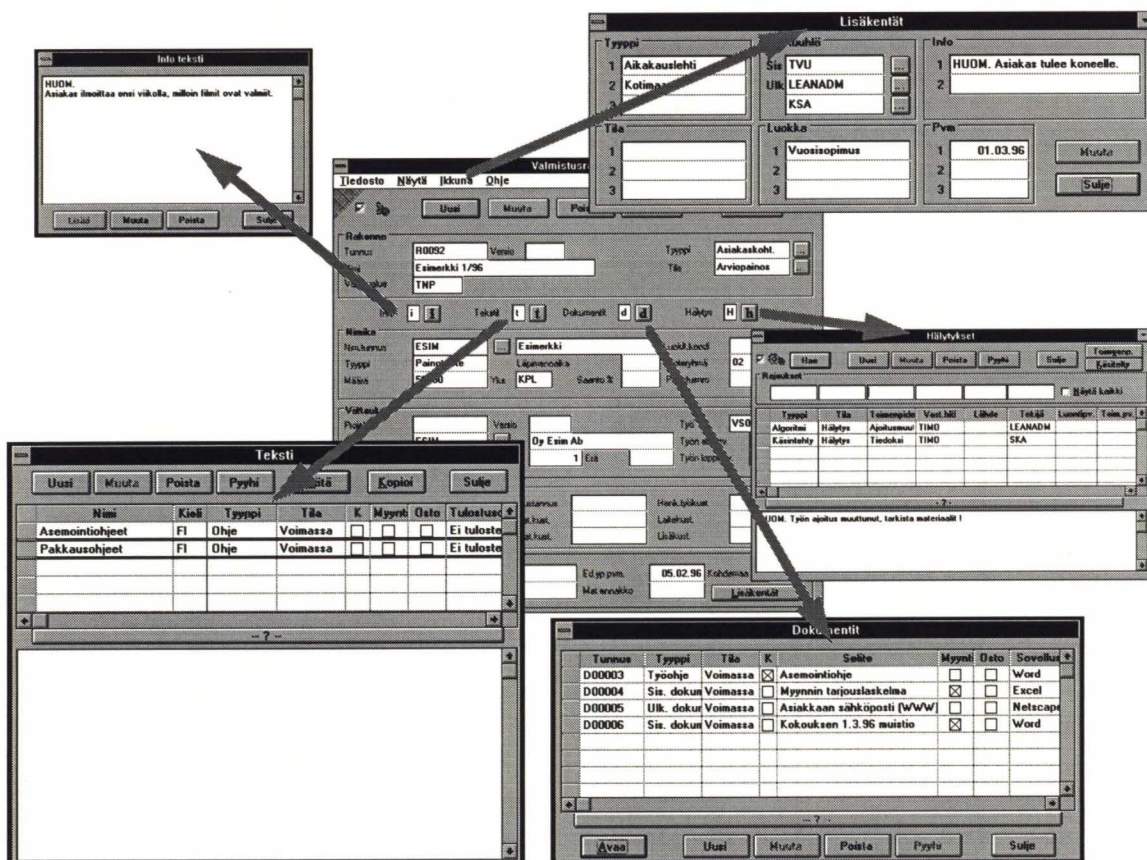
Kuva 14. Taululomake.

- *Valikko.* Lomakkeiden valikot on vakioitu, toisin sanoen yhteiset toiminnot löytyvät eri lomakkeilla samasta paikasta.
- *Painikkeet.* Lomakkeen yläosassa ovat toimintopainikkeet. Perustoimintojen (Hae, Uusi, Muuta, Poista, Pyyhi, Sulje) lisäksi lomakkeella voi olla kaksi erikoispainiketta, joiden toiminnallisuus vaihtelee lomakkeittain. Lisäksi taululomakkeilla on taulun alapuolella ?-painike, josta avautuu taulun sarakkeeseen liittyvä tietojen hakuikkuna. Lomakkeen ylälaidan painikkeet ovat aktiivisia sen mukaan missä tilassa (katselu, päivitys) lomake on. Painikkeista yksi on aina oletusarvopainike riippuen siitä, missä tilassa lomake on sekä siitä, missä kentässä ollaan (esimerkiksi oltaessa rajauskentässä oletuspainikkeena on Hae-painike). ?-painike on aktiivinen, kun ollaan sellaisessa taulun sarakkeessa, johon tiedot voidaan hakea hakuikkunan avulla.
- *Rajauskentät.* Painikkeiden alapuolella ovat haettavien tietojen rajauskentät. Rajauskentät kohdistuvat siihen taulun sarakkeeseen, jonka yläpuolella ne ovat. Jos rajauskenttiä on kaksi (pällekkäin), voidaan rajata tietty väli, jolta tiedot haetaan. Esimerkiksi päivämäärä voidaan rajata halutulle välille.

*Taulu.* Lomakkeen tauluosa sisältää käsiteltävät tietorivit. Kaikkiin Lean System-tietojoukkoihin liittyy avaintiedon lisäksi seuraavat vakiokentät: info- (i), tekstit (t), dokumentit- (d) ja hälytykset (h). Avaintieto esitetään taulun vasemmassa reunassa. Välittömästi avainkenttien perässä ovat i-, t-, d- ja h-sarakkeet. Sarakkeessa on kenttää vastaava kirjain (i, t, d tai h), kun kyseisen taulun riviin liittyy kirjaimen mukaista tietoa. Avainkentät ovat lukittuna näytölle, jolloin ne pysyvät aina näkyvissä, vaikka taulua vieritettäisiin vaakasuorasta vierityspalkista oikealle. Taulussa esitetään oletusarvoisesti tärkeimmät tietokannan kentistä (näytölle mahtuva määrä).







Kuva 16. Info-, teksti-, dokumentti- ja hälytystiedot.

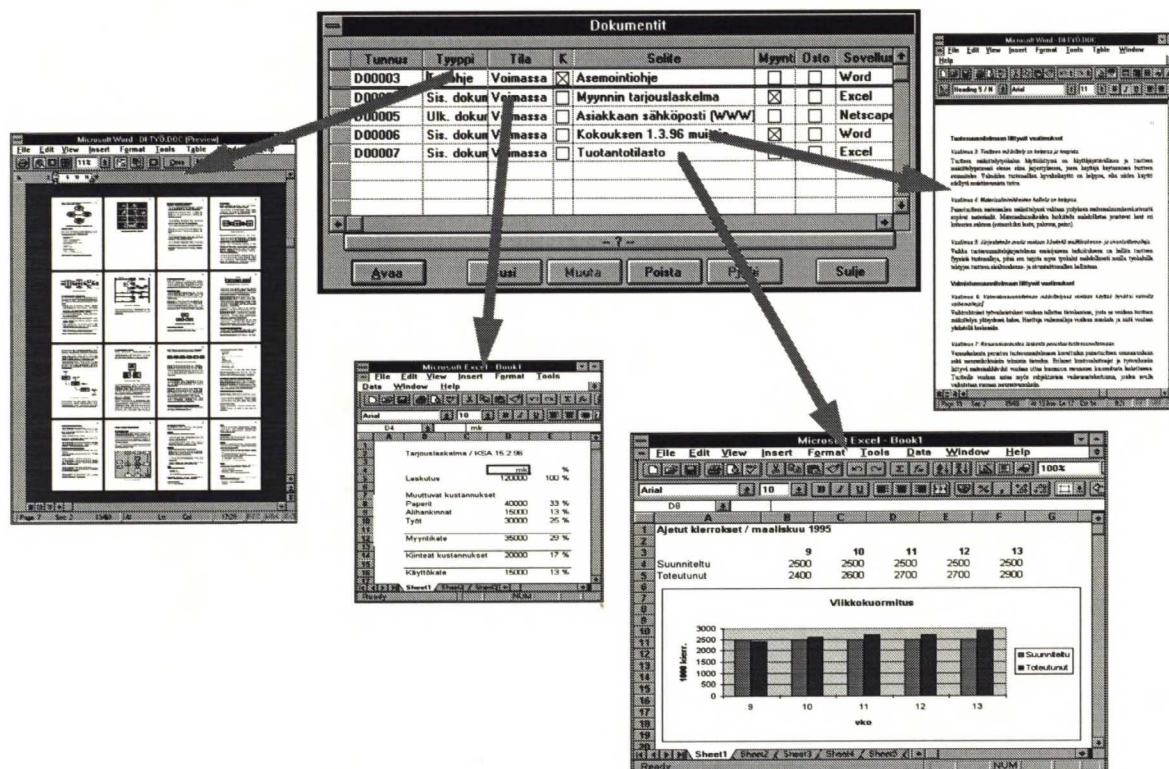
## Tekstit

Tekstiolio sisältää vakimuotoista isäoliioon liittyvää tekstitietoa. Tekstejä ylläpidetään omassa Teksti-ikkunassaan, ja ne talletetaan tietokantaan. Ikkuna avataan Näytä-valikon komennolla Tekstit tai erillisellä t-painikkeella.

## Dokumentit

Dokumentit sisältävät olioon liitettyjä, muilla Windows-ohjelmilla tehtyjä dokumentteja. Liitettyjä dokumentteja hallitaan omassa Dokumentit-ikkunassa (kuva 17). Ikkuna avataan Näytä-valikon komennolla Dokumentit tai erillisellä d-painikkeella.





Kuva 17. Dokumentit-ikkuna.

## Hälytykset

Hälytykset ovat järjestelmän keino kiinnittää käyttäjän huomio toimenpiteitä vaativiin tietoihin. Hälytykset-lomakkeella (kuva 18) esitetään valittuun tieto-olioon liittyvät hälytykset. Hälytykset ovat joko järjestelmän automaattisesti luomia hälytyksiä (esimerkiksi materiaalilaskennassa syntyneitä hälytyksiä) tai käyttäjien käsin syöttämiä hälytyksiä. Hälytyksiin liittyy aina vastuuhenkilö, jonka vastuulla hälytyksen hoitaminen on.

Tieto siitä, että valittuun tietoon liittyy jokin hälytys, esitetään taululomakkeiden h-sarakkeessa tai perustietolomakkeen h-kentässä. Kentässä on h, kun kaikki tietoon liittyvät hälytykset ovat "työn alla" (tilassa kesken). Kentässä on H, kun tietoon liittyy uusia, kuittaamattomia hälytyksiä. Oletusarvoisesti jo käsitellyt hälytykset eivät näy Hälytykset-lomakkeella (eikä vastaavissa hälytys-kentissä ole h-kirjainta). Kaikki tietoon liittyvät hälytykset (myös jo käsitellyt) saadaan näkyviin Näytä kaikki -rajauksella.

Ikkuna avataan Näytä-valikon komennolla Hälytykset, erillisellä h-painikkeella tai kaksoiskoskettamalla h-sarakkeen otsikkoa hiirellä.

**Hälytykset**

☒

Rajaukset

☐ Näytä kaikki

Tyyppi	Tila	Toimenpide	Vast.hlö	Lähde	Tekijä	Luontipv.	Toim.pv.
Algoritmi	Hälytys	Ajoitusmuut	TIMO		LEANADM		
Käsintehty	Hälytys	Tiedoksi	TIMO		SKA		

- ? -

**HUOM.** Työn ajoitus muuttunut, tarkista materiaalit !

Kuva 18. Hälytykset-ikkuna.

## Lisäkentät

Kaikkiin tietokannan tieto-olioihin voidaan liittää lisätietoja, joiden käyttö on käyttäjän määriteltävissä. Lisätietoja ylläpidetään Lisäkentät-ikkunassa, joka avataan lomakkeen Näytä-valikosta. Lisätietokenttiä ovat tyyppi-, tila-, luokka-, päivämäärä- ja vastuuhenkilökentät, joita kutakin on kolme. Kenttien avulla tietoja voidaan luokitella ja ryhmitellä halutulla tavalla asennuskohtaisesti.



## 5. Tuotesuunnittelu PATE-järjestelmässä

PATE-järjestelmä kehitettiin graafisen alan ominaispiirteitä silmällä pitäen (ks. kappale 2). Suuri osa alan erityispiirteistä on jo otettu huomioon Lean System -perusversiossa. Merkittävimmät muutokset PATE-järjestelmän ja perusversion välille tehtiin tuotesuunnitteluun liittyvässä osajärjestelmässä (Rakenne-sovellus kuvassa 13).

PATE-version tuotesuunnittelu sisältää täysin graafiselle alalle sovitettun painotuotteiden ja niiden suunnittelun hallintajärjestelmän, johon on liitetty painotuotteen teknisiin tietoihin pohjautuvat materiaali- ja kuormituslaskentatyökalut. Tässä luvussa kuvataan kyseisen tuotesuunnittelujärjestelmän sisältö.

### 5.1 PATE-tuotehallinnan käsitteitä

Koska Lean Systemissä (ja PATE-järjestelmässä) käytetyt tuotehallinnan nimitykset ja käsitteet eroavat hieman esimerkiksi kappaleessa 2 esitetyn tuotemallien yleiskuvauksen termeistä, esitetään tässä kappaleessa PATE-järjestelmässä esiintyvät käsitteet.

*Rakennemalli* on materiaaliluettelo-tyyppinen tuoterakenne (BOM), jota käytetään Lean Systemissä vakiotuotteiden rakenteiden kuvaamiseen. *PATE-tuotesuunnittelussa ei käytetä rakennemalleja.*

*Vaihemalli* on vakiovaiheketju, joka kuvaa tietyn tuotteen valmistukseen kuuluvat vaiheet, niihin käytettävät resurssit sekä mahdollisesti muuta vaiheisiin liittyvää vakiotietoa. Valmiiden vaihemallien käyttö helpottaa tuotteen valmistusprosessin määrittelyä.

*Myyntirakenne* on myynnin näkemys asiakaskohtaisen tuotteen rakenteesta. Tässä diplomityössä ei käsitellä erityisesti myyntirakenteita, joiden määrittely tapahtuu tyypillisesti ennen varsinaista tuotesuunnittelua (tuotteen määrittelyvaihe, ks. kuva 9).

*Valmistusrakenne* on yksittäisen asiakaskohtaisen tuotteen täydellinen kuvaus, joka sisältää tuotteeseen liittyvien teknisten tietojen kuvauksen, vaihemalli-tyyppisen tuotteen valmistuksen työvaiheistuksen sekä kaksitasoisen materiaaliluettelon tuotteen tekemiseen tarvittavista materiaaleista. *Valmistusrakenne sisältää siis sekä tuotemallin että valmistusmallin tiedot* (ks. kappale 3.4).

*PATE-tuotesuunnittelussa on kyse painotuotteen valmistusrakenteen määrittelystä.* Valmistusrakenteen määrittelyyn kuuluu myös materiaali- ja kuormituslaskenta, jonka algoritmit muodostavat merkittävän osan Rakenne-sovelluksen graafisen alan räätälöinnistä. Valmistusrakenteen määrittelyn lopputuloksena saadaan tuotteen valmistussuunnitelma, jonka pohjalta voidaan luoda varsinainen valmistuksen työ.

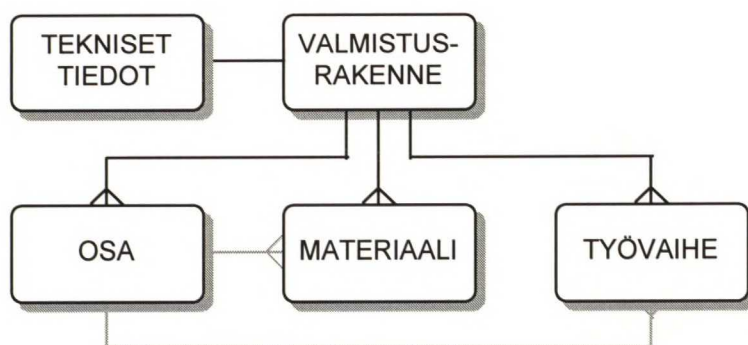
## 5.2 Valmistusrakenteen sisältö ja liittymät

Tässä luvussa kuvataan PATE-järjestelmään toteutetun valmistusrakenteiden hallintajärjestelmän pohjana oleva käsitelmä ja sen liittyminen PATE-järjestelmän muihin tietomalleihin.

### 5.2.1 Valmistusrakenteen käsitelmä

Kuvassa 19 on esitetty PATE-järjestelmässä käytettävä valmistusrakenne. Valmistusrakenneolio sisältää valmistettavan asiakaskohtaisen painotuotteen perustiedot, joita ovat muun muassa

- valmistusrakenteen tiedot: rakenteen tunnus, nimi;
- tuotetiedot: tuotantonimikkeen tunnus, nimi;
- myynnin tiedot: asiakkaan tunnus, nimi, tilauksen ja tilausrivin tunnus sekä
- valmistuksen tiedot: työn tunnus, valmistettava määrä.



Kuva 19. Painotuotteen käsitelmä PATE-järjestelmässä

Tuotteen tekniset tiedot on esitetty omana tieto-olionaan. Tämä mahdollistaa erityyppisten painotuotteiden mallinnuksen samalla tietomallilla. Tällöin kullekin teknisesti toisistaan poikkeavalle tuotteelle määritellään oma tekniset tiedot -olio, mutta tuotteen perustiedot voidaan kuvata yhteisellä valmistusrakenneoliolla. Tässä yhteydessä kuvattava tekniset tiedot -olio on suunniteltu lehtityyppisen painotuotteen mallinnukseen. Tekniset tiedot -olio sisältää muun muassa seuraavat attributit:

- värillisyyys,
- koko,
- sivumäärä (sisus),
- sivumäärä (kansi),
- leikkausvara,
- aineistotyyppi,
- vedostus,
- sidonta,
- liitteet,



- muu jälkikäsittely,
- pakkaustapa,
- postitus,
- nippukoko,
- lavakoko sekä
- teknisiin tietoihin liitettävät ohje- ja huomautustekstit.

Valmistusrakenneolioon liittyy teknisten tietojen lisäksi kolme muuta tieto-oliota 1:N-suhteessa (yksi moneen -suhde): tuotteen osa, tuotteen materiaali ja tuotteen työvaihe. Tuotteen osa -olioilla kuvataan tuotteen rakenne loogisella tasolla. Lehtityyppisen painotuotteen osa sisältää muun muassa seuraavat painotuotteen attribuutit:

- valmistusrakenteen tunnus,
- osan tunnus,
- osan tyyppi (esimerkiksi arkki, kansi),
- osan lukumäärä,
- poikkeava määrä (mikäli valmistettava määrä poikkeaa valmistettavan tuotteen määrästä),
- sivuisuus,
- värillisuus (priima/sekunda),
- painotapa,
- päälläluku (yhdellä sylinterikierroksella painettavien arkkien määrä) sekä
- osaan liittyvä infoteksti.

Tuotteen materiaali -olio on tuotemallin varsinainen rakennerivi, joka ilmoittaa ne fyysiset materiaalit, joista tuote koostuu. Tuotteen materiaalirivi voi viitata tiettyyn tuotteen osaan (merkitty kuvassa katkoviivalla), toisin sanoen se kertoo, minkä osan valmistamiseen materiaali käytetään. Tuotteen materiaali -olioon liittyvät muun muassa seuraavat attribuutit:

- valmistusrakenteen tunnus,
- osan tunnus,
- materiaalinimikkeen tunnus sekä
- materiaalin määrä.

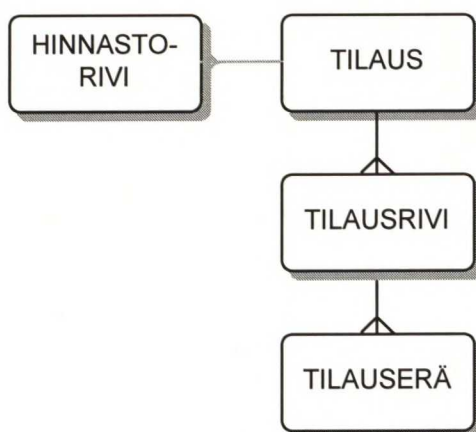
Työvaiheolio sisältää luettelon työvaiheista, joita tuotemallin mukaisen tuotteen valmistaminen edellyttää. Myös työvaiheelta voi olla viittaus osatietoon, toisin sanoen voidaan kertoa, minkä osan valmistaminen on kyseessä. Työvaiheen sisältämiä tietoja ovat muun muassa

- tuotemallin tunnus;
- vaiheen tunnus, nimi;
- seuraavan vaiheen tunnus;
- vaiheessa valmistettava määrä, yksikkö;
- vaiheen kuormitusryhmä;
- vaiheen kuorma;

- vaiheen alkamis- ja loppumisajat sekä
- vaiheen kesto.

## 5.2.2 Myyntitilauksen käsitelmä

PATE-järjestelmässä käytettävä myyntitilauksen käsitelmä on esitetty kuvassa 20. Myyntitilaus koostuu tilausotsikosta, tilaukseen liittyvistä hinnastoriveistä sekä tilausriveistä ja -eristä. Tilausotsikko sisältää tilaukselle yhteiset tiedot. Tilausrivi sisältää varsinaisen tilattavan tuotteen tuote-, määrä- ja toimitustiedot. Tilaiserä-käsite mahdollistaa vielä tilausrivin jakamisen eri aikoina toimitettaviksi eriksi.



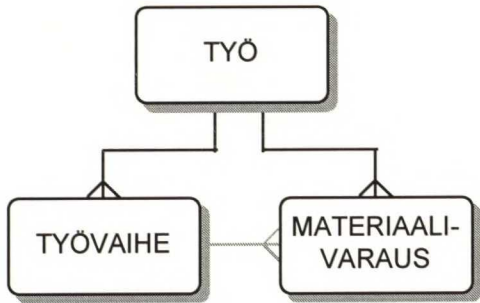
Kuva 20. Myyntitilauksen käsitelmä

Säännöllisesti toistuva painotuote, kuten aikakauslehti, esitetään edellä kuvatulla käsitelmämallilla seuraavasti: Tuotteen painatussopimuksen tiedot tallennetaan myyntitilauksen otsikkotietoihin. Painatussopimukseen liittyvä painatushinnasto esitetään tilausotsikkoon liittyvinä hinnastoriveinä. Kutakin lehden numeroa varten perustetaan oma tilausrivinsä (ja -eränsä), johon puolestaan liittyy tietty tuotemalli (valmistusrakenne).

## 5.2.3 Valmistuksen käsitelmä

PATE-järjestelmässä käytettävä valmistuksen käsitelmä on esitetty kuvassa 21. Valmistuksen käsitelmä koostuu varsinaisesta työstä, siihen liittyvistä työvaiheista sekä materiaalivarouksista. Valmistuksen työ sisältää työn perustiedot (vastaa valmistusrakenteen otsikkoa). Työvaihe sisältää työhön liittyvät valmistusvaiheet (vastaa valmistusrakenteen vaiheita). Materiaalivaraukset ovat työssä tarvittavien materiaalinimikkeiden varauksia, jotka toimivat materiaalihankinnan perustana. Materiaalivarauksella voi olla myös viittaus työvaiheeseen (tällöin varauksen tarvepäivä perustuu siihen liittyvän vaiheen ajoitustietoihin, muussa tapauksessa käytetään työn ajoitustietoja).

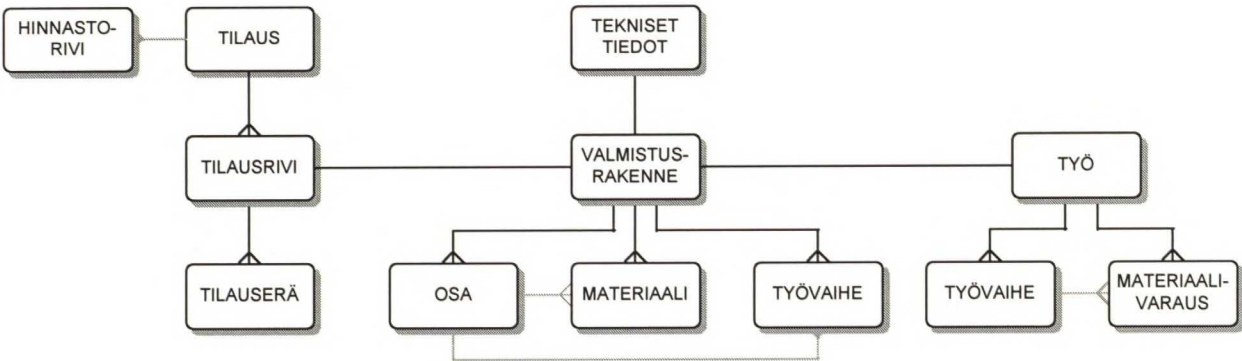




Kuva 21. Valmistuksen käsitelmä

### 5.2.4 Valmistusrakenteen liittyminen myyntiin ja valmistukseen

Kuvassa 22 on esitetty yhteenveto PATE-valmistusrakenteen liittymisestä järjestelmän myynti- ja valmistussovelluksiin. Tilausta tehtäessä valmistusrakenne liitetään myyntitilauksen riviin (tietty lehden numero). Kun valmistusrakenne on määritelty, luodaan rakenteen pohjalta valmistuksen työ, jolloin luotava työ liitetään pohjana käytettyyn valmistusrakenteeseen. Materiaalien suunnittelun yhteydessä voidaan valmistusrakenteen materiaalarivien pohjalta luoda työlle materiaalivaraukset.



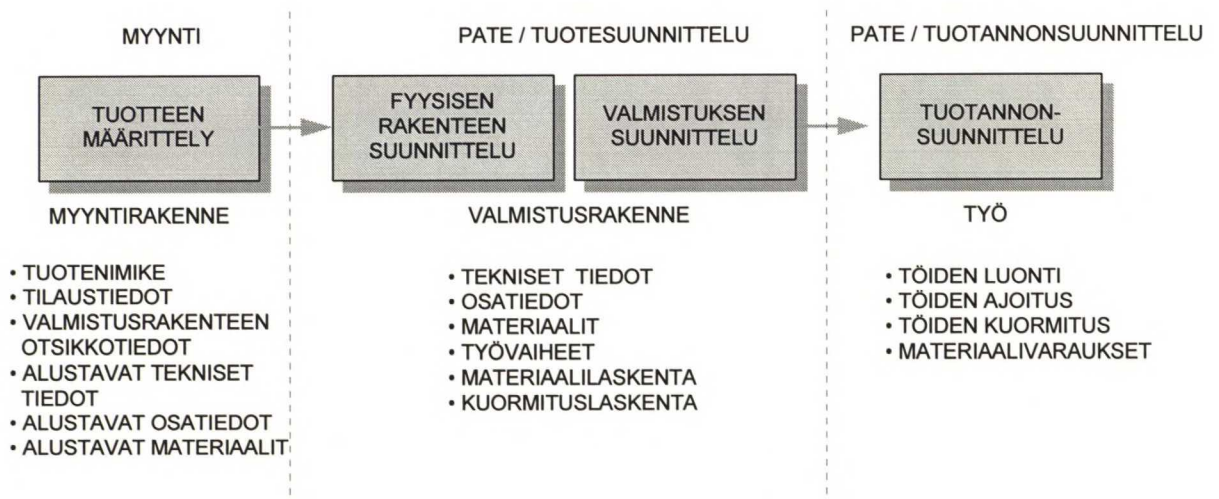
Kuva 22. Valmistusrakenteen liittyminen myyntiin ja valmistukseen

### 5.3 Valmistusrakenteen suunnittelu

Tässä kappaleessa esitellään painotuotteen suunnittelu PATE-järjestelmässä. Kuvattava valmistusrakenne on suunniteltu lehtityyppisen painotuotteen kuvaamiseen. PATE-järjestelmässä on tehty ratkaisu, jossa erityyppisten painotuotteiden kuvaamiseen käytetään hieman toisistaan poikkeavia valmistusrakenteita. Käytännössä erot on rajattu koskemaan tuotteen teknisiä tietoja ja osatietoja, jotka kuvataan tarkemmin jäljempänä (valmistusrakenteeseen liitetyn tuotantonimikkeen tyyppin mukaan valitaan, minkälaiset tekniset tiedot ja osatiedot kyseiseen rakenteeseen liitetään). Mikäli olisi haluttu rakentaa yksi kattava valmistusrakenne, joka olisi kattanut kaikki graafisen alan tuotteiden vaatimukset, oltaisiin todennäköisesti päädytty hyvin laajaan malliin, jonka käyttö yksinkertaisempien tuotteiden osalta olisi ollut työläämpää kuin nykyisellä ratkaisulla. Käytännössä on todettu, että eri tarpeiden kattaminen yhdellä tuotetietomallilla on vaikeaa [Halttunen 1995].

#### 5.3.1 Suunnitteluprosessi

Painotuotteen yleinen suunnitteluprosessi kuvattiin luvussa 3.3. Tässä kuvattu PATE-järjestelmän tuotesuunnittelu perustuu kyseiseen malliin. Tuotteen määrittely tapahtuu myyntivaiheessa, jolloin asiakas ja myyjä määrittelevät tuotteen yleiset ominaisuudet (myyntirakenne, PATE-järjestelmässä myyntirakenteen perusteella luodaan valmistusrakenteen otsikkotiedot, osa tuotteen teknisistä tiedoista ja osatiedot sekä tuotteen materiaalit). Tämän jälkeen varsinainen tuotesuunnittelija täydentää tekniset tiedot, osatiedot ja materiaalit sekä suunnittelee tuotteen työvaiheet (tuotteen fyysisen rakenteen suunnittelu ja valmistussuunnittelu). Kun vaiheistus on valmis, voidaan laskea tarvittavat materiaalit, valmistusmäärät ja työvaiheiden kuormitukset (valmistussuunnitelma). Kun valmistusrakenne on valmis, voidaan se siirtää tuotannon suunnitteluun, jossa mallin pohjalta luodaan valmistuksen työ, joka ajoitetaan ja kuormitetaan. Kuvassa 23 on esitetty yhteenveto painotuotteen suunnitteluprosessista PATE-järjestelmässä.



Kuva 23. Painotuotteen suunnitteluprosessi PATE-järjestelmässä



### 5.3.2 Valmistusrakenteen otsikkotiedot

Valmistusrakenteen otsikkotiedot ovat rakenteen perustietoja. Otsikkotietojen ylläpitolomake on kuvassa 24. Otsikkotietoja ovat muun muassa

- valmistusrakenteen tunnus, versio, nimi;
- valmistettavan tuotenimikkeen tunnus, nimi;
- rakenteen kuvaaman tuotteen määrä (painosmäärä);
- asiakkaan tunnus, nimi;
- tilauksen ja tilausrivin tunnus, johon malli liittyy, sekä
- työ, johon rakenne liittyy (mikäli rakenteesta on luotu työ).

Kuva 24. Valmistusrakenteen otsikkotiedot

### 5.3.3 Tuotteen tekniset tiedot

Tuotteen tekniset tiedot muodostavat tietorakenteen, jonka avulla kuvataan painotuotteen teknisiä ominaisuuksia. PATE-järjestelmän Tekniset tiedot -lomake (kuva 25) muistuttaa tietosisällöltään perinteisen työmääräimen sisältämiä tietoja, ja sitä käytetäänkin PATE-järjestelmän valmistuksenohjauksessa sähköisenä työmääräimenä, joka voidaan avata tuotannon Kuormitusryhmän työlista -lomakkeelta. Lehtityyppisen painotuotteen teknisiä tietoja ovat (tähdellä merkittyihin ominaisuuksiin liittyy valintalista, jonka sallitut arvot määritellään järjestelmän ohjaustiedoissa) seuraavat:



- tuotteen värillisuus (priima/sekunda),
- koko (leveys × korkeus, mm),
- sivumäärä (sisus),
- sivumäärä (kansi),
- kannen erikoisohje\* (mahdollinen erikoiskäsittely, esimerkiksi lakkaus),
- sidontatapa\*,
- aineistotyyppi\*,
- muu jälkikäsittely\*,
- pakkaustapa\*,
- postitustapa\*,
- vedostustapa\*,
- liitteet\*,
- nippukoko (lehtien määrä nipussa),
- lavakoko (nippujen määrä lavalla) sekä
- erilaiset ohje- ja huomautustekstit (esimerkiksi yksityiskohtaisemmat työohjeet).

**Lehden tekniset tiedot**

Tiedosto Muokkaa Työkalut Järjestys Näytä Asetukset Ikkuna Ohje Tila: Katselu

Hae Uusi Muuta Poista Pyyhi Vaiheet Materiaalit Sulje

Valmistusrakenne  
Tunnus R0092 Nimike ESIM Määrä 50000 KPL Työ VS00150 Tilaus MT0025  
Nimi Esimerkki 1/96 Nim. nimi Esimerkki Tila Arviopainos Tilausrivi 1

Info ☐ i Tekstöt ☐ t Dokumentit ☐ d Hälytys ☐ h

**Yhteiset tiedot**

Värillisuus	4 / 4	Aineistotyyppi	Sivufilmit	Muu jälkikäsittely	
Koko (mm)	210 x 290	Vedostus	Asiakas koneelle	Pakkaustapa	Naruniput
Sivumäärä, sisus	96	Sidonta	Stiftaus	Postitus	Tarrapostitus
Sivumäärä, kansi	0	Liitteet		Nippukoko	
Yläp. leikk. vara (mm)	5	Kannen erikoisohje	UV-lakka	Lavakoko	

**Ohje- ja huomautustekstit**

Työohje

**Painotuotteen osat**

Osa	Tyyppi	i	t	d	h	Lkm	Poikk. määrä	Sivuisuus	Vär/pr.	Vär/sek.	Painotapa	Päällä	Info
01	Arkki					1		32	4	4	Rotaatio	1	
02	Arkki					1		32	4	4	Rotaatio	1	

- ? -

2 / 2

Kuva 25. Painotuotteen tekniset tiedot ja osatiedot



### 5.3.4 Tuotteen osatiedot

Tuotteen yleisten teknisten ominaisuuksien yhteydessä määritellään myös tuoteosien tiedot. Loogisesti tekniset tiedot ja tuoteosat ovat eri käsitteitä, vaikka PATE-järjestelmässä kyseiset tiedot määritelläänkin samalla lomakkeella (kuva 25).

Tuotteen osatietojen avulla kuvataan tuotteen fyysinen rakenne. Painotuotteen osia voivat olla esimerkiksi kansi, arkki ja liite. Kukin painoarkki voidaan kuvata omalla osanaan, jolloin yksittäisen painoarkin valmistusta voidaan seurata tuotannossa erikseen. Yksinkertaisilla tuotteilla voidaan koko tuote kuvata yhtenä osana, jolloin tuotetta seurataan valmistuksessa yhtenä kokonaisuutena.

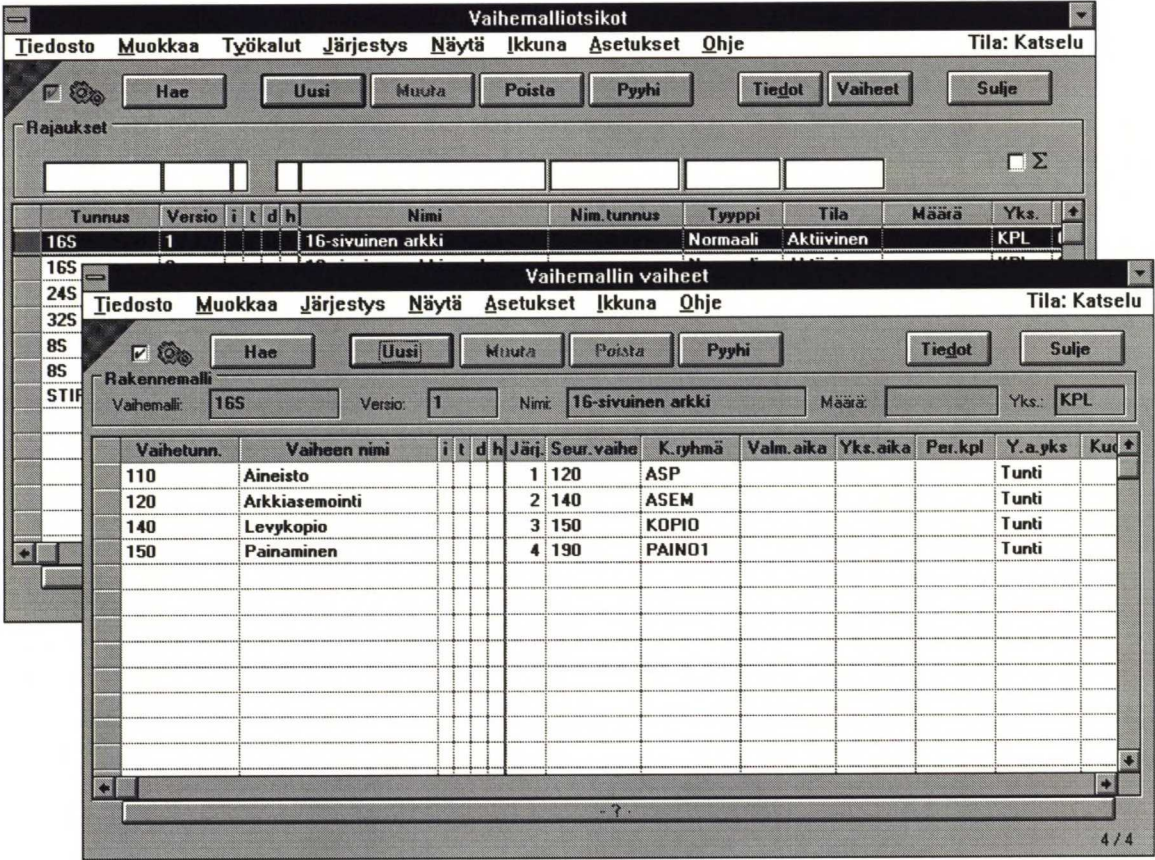
Painotuotteen osan tietosisältö on seuraava:

- osan tunnus,
- osan tyyppi (esimerkiksi arkki, kansi, liite),
- lukumäärä (yleensä yksi, pienillä töillä, jotka halutaan esittää yhtenä vaiheketjuna, voidaan esimerkiksi kaikki painoarkit esittää yhtenä tuoteosana, jolloin lukumäärä on arkkien lukumäärä yhteensä),
- poikkeava määrä (täytetään, mikäli osan määrä poikkeaa tuotemallin määrästä),
- sivuisuus eli osan sivumäärä,
- värillisuus priima/sekunda (tuotteen eri osien värillisuus voi vaihdella, teknisissä tiedoissa esitetty värillisuus on tuoteosien värisyyksien maksimiarvo),
- painotapa (esimerkiksi ympärilyönti, rotaatio),
- päälläluku (yhdeällä sylinterikierroksella painettavien arkkien määrä) sekä
- osaan liittyvä infoteksti.

### 5.3.5 Työvaiheet

Valmistusrakenteen mukaisen työn vaiheistus jaetaan osakohtaisiin vaiheisiin ja koko työn vaiheisiin. Vaiheiden kesken määritellään riippuvuudet siten, että vaiheeseen liittyy tieto sen seuraajasta. Riippuvuuksia käytetään hyväksi työn ajoituksen suunnittelussa esimerkiksi ajoitusristiriitojen estämisessä. Valmistusrakenteen vaiheistus tehdään yleensä ennalta määriteltyjen vaihemallien avulla (kuva 26).

Vaihemallikirjasto voi sisältää tyypillisiä vaiheketjuja erityyppisille tuotteille. Käyttäjä voi hakea vaihemallikirjastosta haluamansa vaiheketjun ja mahdollisesti liittää sen haluamaansa tuoteosaan. Vaihemallikirjastosta haettuja vaiheistuksia voidaan muokata, ja vaiheistus voidaan koota useasta eri vaiheketjusta. Kuvassa 27 on esimerkki painotyön vakiovaiheista.



Kuva 26. PATE-järjestelmän vaihemallit

110	Aineisto	
120	Arkkiasemointi	
130	Vedos	
140	Levykopio	Arkki/Osa-
150	Painaminen	kohtaisia
160	UV-lakkaus	
170	Leikkaus	
180	Taitto	

190	Stiftaus	
200	Liimanidonta	
210	Irtoliitteistys/Kelmutus	Koko työn
220	Pakkaus	vaiheet

Kuva 27. Esimerkki painotyön vakiovaiheista



Kuvassa 28 on esitetty esimerkki valmistusrakenteen vaiheistuksesta, joka sisältää kahdesta painoarkista koostuvan painotuotteen työvaiheet. Neljä ensimmäistä vaihetta on osakohtaisia (aineisto, arkkiasemointi, levykopio, painaminen) ja kaksi viimeistä yhteisiä koko tuotteelle (stiftaus, lähetys).

**Rakenteen työvaiheet**

Tiedosto Muokkaa Työkalut Järjestys Näytä Asetukset Ikkuna Ohje Tila: Katselu

☒

Valmistusrakenne

Rakenne 
 Esimerkki 
 Nimi 
 Määrä

Tunnus	i	t	d	h	Nimi	Osa	Seur.vaihe	Järj.	Tila	Määrä	K.ryhmä 1	Kuorma 1	Alkaa	+
11001					Aineisto	01	12001	1	Suunniteltu	128	Asiakaspalv	0		
12001					Arkkiasemointi	01	14001	2	Suunniteltu	128	Asemointi	4		
14001					Levykopio	01	15001	3	Suunniteltu	8	Levykopio	1.3		
15001					Painaminen	01	190	4	Suunniteltu	55000	Paino 1	2.5		
11002					Aineisto	02	12002	5	Suunniteltu	128	Asiakaspalv	0		
12002					Arkkiasemointi	02	14002	6	Suunniteltu	128	Asemointi	4		
14002					Levykopio	02	15002	7	Suunniteltu	8	Levykopio	1.3		
15002					Painaminen	02	190	8	Suunniteltu	55000	Asemointi	2.5		
190					Stiftaus		230	9	Suunniteltu	50000	Stiftari 1	7.4		
230					Lähetys			10	Suunniteltu	50000	Lähetttämo	0.6		

- ? -

*Kuva 28. Valmistusrakenteen työvaiheet*

Määriteltäviä vaiheen perustietoja (kuva 29) ovat muun muassa

- vaiheen tunnus, nimi;
- osan tunnus (mikäli vaihe on osakohtainen);
- vaiheen tyyppi;
- vaiheen määrä (vaiheelta valmistuva tuotemäärä);
- määrän yksikkö (yleensä kpl);
- kuormitettava resurssi (resurssit on määritelty PATE-järjestelmän perustiedoissa, ks. kappale 4);
- kuorma (lasketaan kuormituslaskennan avulla tai annetaan käsin) sekä
- kuorman yksikkö (yleensä tunti).

**Rakenteen vaiheen kaikki tiedot**

Tiedosto Näytä Ikkuna Ohje Tila: Katselu

☒

**Työ**

Työ: R0092 Esimerkki Nimike: ESIM 50000 KPL

**Vaihe**

Tunnus	15001	Nimi	Painaminen			i
Seur.vaihe	190	Järjestys	4	Vaativuus		t
Tyyppi	Painaminen	Suun.määrä	55 000.0	Yksikkö	KPL	d
Tila	Suunniteltu	Osan tunnus	01	Kortit tulostettu		h
Vast.alue	TNP					

**Kuormitustiedot**

	Kuorm.tyhmä	Valm.aika	Yks.aika	Per.kpl	Y.a.yks	Kuorma/h
Ensisi.	PAIN01	Paino 1			Tunti	2.50
Toissij.					Laske	

**Ajoitustiedot**

Suun.alku		Kesto		Mater.pvm	
Suun.loppu		Keston yks	Tunti	Mat.ennakko	

**OTA/PTA-lisätiedot**

Siirtoaika		Etuviive		Kuormitussuunta	
Siir ajan yks		Takaviive		Kuormituskerroin	
Vaihtoaika (PTA)		Laskentatapa	Tehdasaika		
Vaihtomäärä (PTA)			<input type="checkbox"/> Ajoitus lukittu		

Kuva 29. Valmistusrakenteen työvaiheen perustiedot

### 5.3.6 Tuotteen materiaalit

Tuotteen valmistamiseen käytettävät materiaalit määritellään valmistusrakenne-otsikkoon liittyvinä materiaaliriveinä (kuva 30). Materiaalirivillä kerrotaan muun muassa seuraavat tiedot:

- rivinumero,
- materiaalinimikkeen tunnus,
- osan tunnus (mihin tuoteosaan materiaali liittyy),
- määrä (lasketaan teknisten tietojen ja osatietojen perusteella jäljempänä esitellyn materiaalilaskenta-työkalun avulla tai annetaan käsin),
- määrän yksikkö (tulee nimikkeeltä) sekä
- vaiheen tunnus (mihin vaiheeseen materiaali liittyy; tarvitaan, jos halutaan, että rivin pohjalta luotava materiaalivaraus ajoitetaan kyseisen vaiheen mukaan).



[illegible]

*Kuva 30. Valmistusrakenteen materiaalityyppien jakautuminen*

## 5.4 Valmistusrakenteeseen perustuva kuormitus- ja materiaalilaskenta

Kun valmistusrakenne on määritelty (tekniset tiedot, osatiedot, vaiheistus ja materiaalit), voidaan suorittaa kuormitus- ja materiaalilaskenta, jonka avulla lasketaan rakenteella kuvatun tuotteen valmistukseen tarvittavan työn ja materiaalin määrä. Järjestelmän laskenta-algoritmit on kehitetty lehtipainon tarpeita ajatellen. Algoritmien toteutus on tehty niin, että uusien laskentakaavojen lisääminen järjestelmään on helppoa. Toteutettujen algoritmien toimintaa voidaan ohjata järjestelmän perustiedoissa määriteltyjen laskentaparametrien avulla (parametreilla ohjataan esimerkiksi ajohukan ja yliarkkien määrän laskentakaavoja).

Laskenta jakaantuu siis kahteen osaan: *kuormituslaskenta* ja *materiaalilaskenta*. Kummankin laskennan tulokset talletetaan valmistusrakenteen tietoihin, kuormituslaskennan tulokset (vaiheiden kuormat ja määrät) vaihetietoihin ja materiaalilaskennan tulokset (materiaalien määrät) valmistusrakenteen materiaalityrville.

Valmistusrakenteeseen perustuvat laskennat voidaan suorittaa uudelleen, jos rakenne muuttuu (järjestelmä huomauttaa käyttäjää, mikäli rakenteeseen tehdään muutos, joka vaikuttaa kuormitukseen tai materiaalityrteeseen). Mikäli valmistusrakenteesta ollaan jo luotu työ ja materiaalityrvaraukset, tehdään uuden laskennan mukaiset muutokset myös niihin.

### 5.4.1 Laskentakaavoissa käytetyt muuttujat

Seuraavassa on PATE-laskentakaavoissa käytettyjen muuttujien selitykset. Osa- eli painoarkkikohtaisille muuttujille käytetään indeksiä i. Osakohtaisia vaihteita ovat normaalisti jälkikäsitteilyä edeltävät vaiheet.

ajohpros	= ajohukkaprocentti (laskentaparametri)
ajohukka	= painamisessa syntyvä ajohukka
ajohvakio	= ajohukkavakio (laskentaparametri)
alkierr	= painokoneen aloituskierrrokset eli ylösajo (laskentaparametri)
arkpkl	= arkkikohtainen kuntoonlaittoaika (laskentaparametri)
hidpros	= resurssin jälkikäsitteilyn hidastuminen (%) (resurssin tekninen tieto)
katkpit	= painokoneen katkaisupituus (resurssi tekninen tieto)
kl	= painoyksikkökohtainen kuntoonlaittoaika (resurssin tekninen tieto)
lukumäärä <sub>i</sub>	= osan i arkkien lukumäärä, normaalisti = 1 (osan tieto)
matlev	= materiaalin leveys (materiaalinitikkeen tieto)
matpit	= materiaalin pituus = korkeus (materiaalinitikkeen tieto)
nkoko	= tuotteen nippukoko, tuotetta/nippu (tuotteen tekninen tieto)
nlava	= lavan koko, nippua/lava, (tuotteen tekninen tieto)
nmassa	= materiaalin neliömassa (materiaalinitikkeen tieto)
nopeus	= resurssin nopeus (resurssin tekninen tieto)
pa	= tuotteen painosmäärä (valmistusrakenteen tieto)
pa <sub>i</sub>	= osan i painosmäärä (osan tieto)
paya	= painoksen yliarkkien määrä
pä <sub>i</sub>	= osan i päälläluku (osan tieto)
ratlkm	= painokoneen ratojen lukumäärä (materiaalityrvin tieto)
sidmatkul	= sidontamateriaalin kulutus (laskentaparametri)
tkork	= tuotteen korkeus (tuotteen tekninen tieto)



tlev	= tuotteen leveys (tuotteen tekninen tieto)
tsivutkan	= tuotteen sivumäärä, kannet, (tuotteen tekninen tieto)
tsivutsis	= tuotteen sivumäärä, sisus (tuotteen tekninen tieto)
värkul	= värin kulutus (laskentaparametri)
värpri <sub>j</sub>	= osan i priimapuolen värillisuus (osan tieto)
värsek <sub>j</sub>	= osan i sekundapuolen värillisuus (osan tieto)
yapros	= yliarkkiprosentti (laskentaparametri)
yavakio	= yliarkkivakio (laskentaparametri)

## 5.4.2 Laskentaparametrit

Painamisessa syntyvä ajohukka (makulatuuri) lasketaan seuraavasti:

$$\begin{aligned} \text{ajohukka [kpl]} &= \text{ajohvakio} + (\text{ajohpros} * (\text{pa}_i + \text{paya})) \\ \text{ajohvakio [kpl]} &= \text{ajohtyö} + \text{ajoharkit} * \text{lukumäärä}_i + \\ &(\text{pllkm}_i * \text{lukumäärä}_i * \text{ajoharkki}) + \text{alkierr} \end{aligned}$$

Ajohukan laskennassa käytettävät parametrit (painokoneen aloituskierrokset, työn aiheuttama aloitushukka, arkkien aiheuttama aloitushukka, arkkikohtainen aloitushukka ja ajohukkaprosentti) voidaan määritellä resurssikohtaisesti. Resurssi saadaan vaiheelta, johon on valmistusrakenteen materiaalirivillä viittaus.

Painamisessa tarvittavat yliarkit (ylimääräiset painoarkit jälkikäsitteilyä varten) lasketaan seuraavasti:

$$\text{paya [kpl]} = \text{yavakio} + \text{yapros} * \text{pa}_i$$

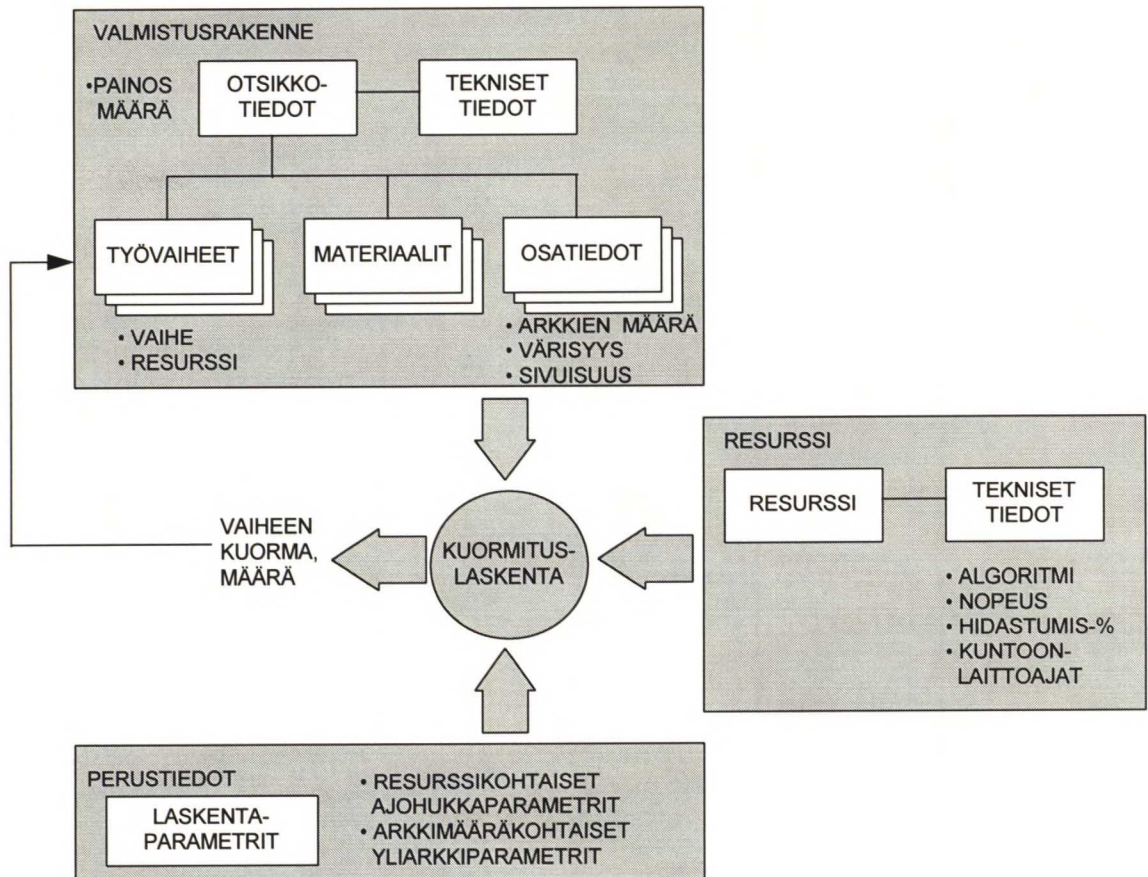
Yliarkkien laskentaparametrit (yliarkkivakio, yliarkkiprosentti) määritellään painoarkkien määrästä riippuvaksi (painosmäärä vähintään, enintään, yliarkkivakio, yliarkkiprosentti).

## 5.4.3 Kuormituslaskenta

PATE-kuormituslaskennan logiikka on esitetty kuvassa 31. Vaiheessa valmistettavan määrän sekä vaiheen kuorman laskenta perustuu *valmistusrakenteen tietoihin, resurssin teknisiin tietoihin* sekä *laskentaparametreihin*.

Kuormituslaskenta lähtee liikkeelle valmistusrakenteen vaiheen tiedoista. Vaiheelta saadaan käytettävän resurssin (kuormitusryhmän) tunnus, jonka perusteella haetaan resurssin tekniset tiedot. Resurssin teknisissä tiedoissa on määritely, mitä kuormituksen laskentakaavaa resurssille käytetään. PATE-järjestelmässä on valmiiksi määritely laskentakaavat seuraaville kuormitusryhmille:

- arkkiasemointi,
- levynvalmistus,
- rotaatiopainokone,
- arkkipainokone,
- leikkaus ja taitto sekä
- sidonta.



Kuva 31. Kuormituslaskenta PATE-järjestelmässä

Kuormituksen laskentakaavan tunnuksen lisäksi laskentaan vaikuttavia resurssin teknisiä tietoja ovat

- resurssin nopeus, nopeuden yksikkö;
- katkaisupituus (rotaatiopainokoneilla);
- rataleveys (rotaatiopainokoneilla);
- peruskuntoonlaittoaika;
- kuntoonlaittoaika/arkki;
- kuntoonlaittoaika/yksikkö sekä
- hidastusprosentti (kaikki arkkeja käsittelevien jälkikäsittelykoneiden arkkikohtainen hidastuminen prosentteina).

Kuormituksen laskemiseksi täytyy tietää vaiheelta valmistuvan tuotteen määrä. Kullekin resurssille on määriteltä määrän laskentakaava. Painoarkkeja käsittelevissä vaiheissa (painaminen, leikkaus, taitto, sidonta) pitää ottaa huomioon mahdolliset yliarkit ja painamiseen liittyvä ajohukka. Näiden laskemiseksi voidaan järjestelmän perustiedoissa määritellä erilaisia yliarkki- ja ajohukkaparametreja. Kun vaiheen määrä on laskettu, voidaan laskea varsinainen kuormitus. Lopuksi tallennetaan laskennan lopputulokset (kuorma ja määrä) valmistusrakenteen työvaiheen tietoihin.



Seuraavassa on esitetty eri kuormitusryhmien yksityiskohtaiset laskentakaavat vaiheiden kuormituksille ja määrille:

### Arkkiaseointi

$$\begin{aligned}\text{kuormitus [h]} &= ((\text{värpri}_i + \text{värsek}_i) * \text{sivuisuus}_i / 2) * \text{lukumäärä}_i / \text{nopeus} \\ \text{määrä [kpl]}^3 &= ((\text{värpri}_i + \text{värsek}_i) * \text{sivuisuus}_i / 2) * \text{lukumäärä}_i\end{aligned}$$

### Levynvalmistus

$$\begin{aligned}\text{kuormitus [h]} &= (\text{värpri}_i + \text{värsek}_i) * \text{lukumäärä}_i * \Sigma \text{ratlkm}_i / \text{nopeus} \\ \text{määrä [kpl]}^4 &= (\text{värpri}_i + \text{värsek}_i) * \text{lukumäärä}_i * \Sigma \text{ratlkm}_i\end{aligned}$$

### Painaminen (rotaatiopainokone)

$$\begin{aligned}\text{kuormitus [h]} &= \text{pkl} + (\text{arkpkl} + (\text{värpri}_i + \text{värsek}_i) * \text{kl} + \text{alkierr} / \text{nopeus} + \\ &\quad ((\text{pa}_i + \text{paya}) / \text{pä}_i) / \text{nopeus}) * \text{lukumäärä}_i \\ \text{määrä [kpl]} &= (\text{pa}_i + \text{paya}) * \text{lukumäärä}_i / \text{pä}_i\end{aligned}$$

### Painaminen (arkkipainokone, priima/sekunda)

$$\begin{aligned}\text{kuormitus [h]} &= \text{pkl} + \\ &\quad (\text{arkpkl} + (\text{värpri}_i + \text{värsek}_i) * \text{kl} + 2 * \text{alkierr} / \text{nopeus} + \\ &\quad 2 * ((\text{pa}_i + \text{paya}) / \text{pä}_i) / \text{nopeus}) * \text{lukumäärä}_i \\ \text{määrä [kpl]} &= (\text{pa}_i + \text{paya}) * \text{lukumäärä}_i / \text{pä}_i\end{aligned}$$

### Painaminen (arkkipainokone, ympärilyönti)

$$\begin{aligned}\text{kuormitus [h]} &= \text{pkl} + \\ &\quad (\text{arkpkl} + \text{värpri}_i * \text{kl} + \text{alkierr} / \text{nopeus} + \\ &\quad 2 * ((\text{pa}_i + \text{paya}) / \text{pä}_i) / \text{nopeus}) * \text{lukumäärä}_i \\ \text{määrä [kpl]} &= (\text{pa}_i + \text{paya}) * \text{lukumäärä}_i / \text{pä}_i\end{aligned}$$

### Painaminen (arkkipainokone, puolto/taanto)

$$\begin{aligned}\text{kuormitus [h]} &= \text{pkl} + \\ &\quad (\text{arkpkl} + (\text{värpri}_i + \text{värsek}_i) * \text{kl} + \text{alkierr} / \text{nopeus} + \\ &\quad ((\text{pa}_i + \text{paya}) / \text{pä}_i) / \text{nopeus}) * \text{lukumäärä}_i \\ \text{määrä [kpl]} &= (\text{pa}_i + \text{paya}) * \text{lukumäärä}_i / \text{pä}_i\end{aligned}$$

### Leikkaus ja taitto

$$\begin{aligned}\text{kuormitus [h]} &= \text{pkl} + (((\text{pa}_i + \text{paya}) / \text{pä}_i) / \text{nopeus}) * \text{lukumäärä}_i \\ \text{määrä [kpl]} &= (\text{pa}_i + \text{paya}) * \text{lukumäärä}_i / \text{pä}_i\end{aligned}$$

---

<sup>3</sup> asemoituja osavärisivuja

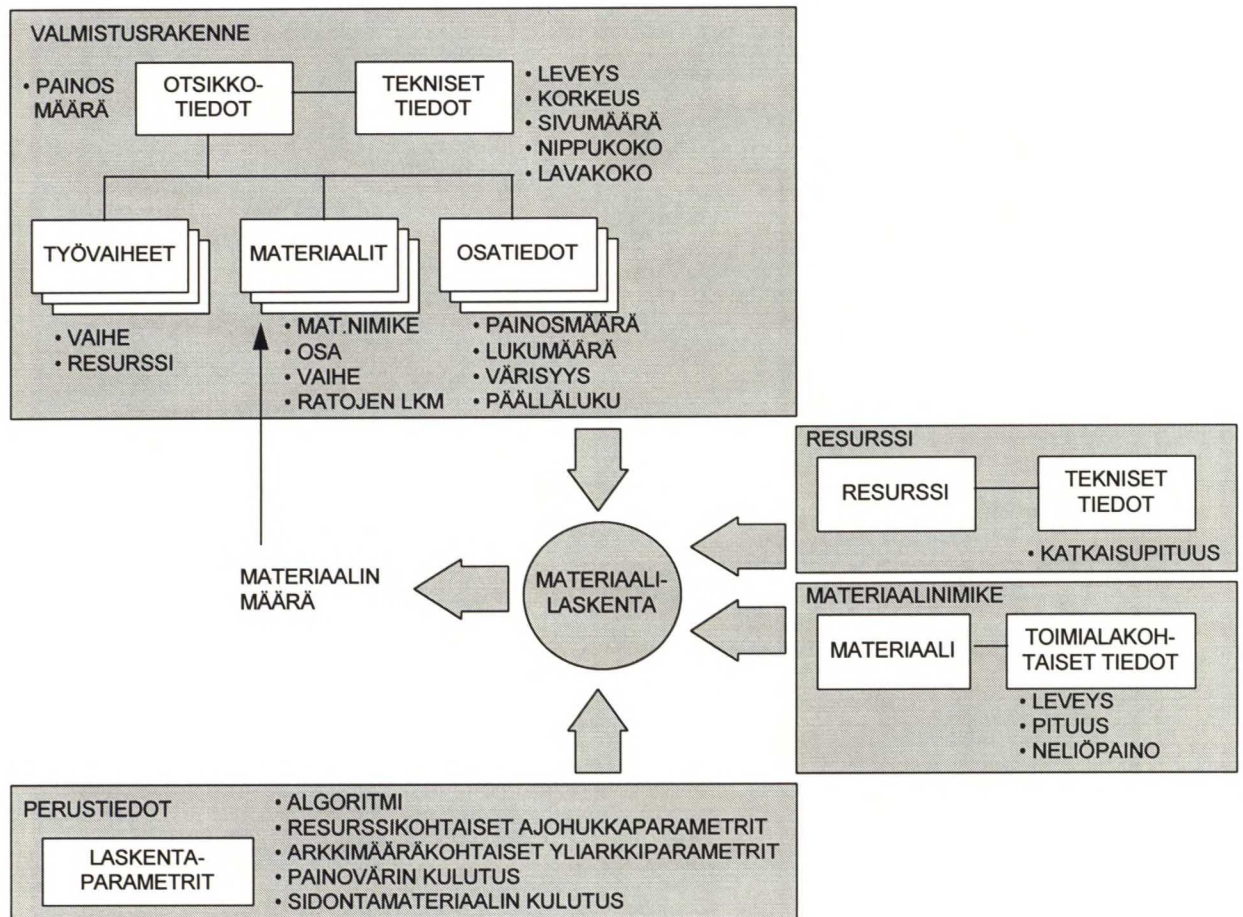
<sup>4</sup> painolevyjä

## Sidonta

$$\begin{aligned} \text{kuormitus [h]} &= \text{pkl} + \text{kl} * (\sum \text{lukumäärä}_i) + \\ & \quad (\text{pa} + \text{paya}) / (\text{nopeus} * (1 - \text{arkkpl} * \text{hidpros})) \\ \text{määrä [kpl]} &= \text{pa} \end{aligned}$$

## 5.4.4 Materiaalilaskenta

PATE-materiaalilaskennan logiikka on esitetty kuvassa 32. Valmistusrakenteen materiaalien määrän laskenta *valmistusrakenteen tietoihin, resurssin teknisiin tietoihin, materiaalinimikkeen tietoihin sekä laskentaparametreihin.*



Kuva 32. Materiaalilaskenta PATE-järjestelmässä

Materiaalilaskenta lähtee liikkeelle valmistusrakenteen materiaalirivin tiedoista. Rivillä on ilmoitettu käytettävän materiaalinimikkeen tunnus, osan tunnus (johon materiaali liittyy), vaiheen tunnus (johon materiaali liittyy) ja ratojen lukumäärä. Materiaalirivin nimiketunnuksen perusteella saadaan laskentaparametreista käytettävän materiaali-laskenta-algoritmin tunnus. Algoritmi on mahdollista määritellä parametreissa nimike-tai nimikeryhmäkohtaisesti. Nimikkeen avulla saadaan myös materiaalin ominaisuudet (leveys, pituus ja neliöpaino) nimikkeen toimialakohtaisista lisätiedoista.



Mahdolliset yliarkit ja ajohukka lasketaan samalla tavalla kuin kuormituslaskennassa. Näiden laskemiseen liittyvät parametrit saadaan laskentaparametreista. Käytettävän resurssin tunnus saadaan materiaaliriviin liittyvän vaiheen tiedoista (mikäli vaihetunnusta ei ole materiaalirivillä, käytetään materiaaliriviin liittyvään osaan kohdistuvaa painovaiheita). Laskennan lopuksi tallennetaan lopputulokset valmistusrakenteen materiaaliriveille.

Seuraavassa on esitetty eri nimikeryhmien yksityiskohtaiset materiaalilaskentakaavat:

### **Rullapaperit**

$$\text{määrä [KG]} = ( \text{ratlkm} * \text{matlev} * \text{katkpit} * \text{nmassa} * ( \text{pa}_i * \text{lukumäärä}_i + \text{ajohukka} ) ) / \text{pä}_i$$

### **Arkkirullapaperit**

$$\text{määrä [KG]} = ( \text{matlev} * \text{matpit} * \text{nmassa} * ( \text{pa}_i * \text{lukumäärä}_i + \text{ajohukka} ) ) / \text{pä}_i$$

### **Arkipaperit**

$$\text{määrä [KPL]} = ( \text{pa}_i * \text{lukumäärä}_i + \text{ajohukka} ) / \text{pä}_i$$

### **Painovärit**

$$\text{määrä [KG]} = \text{tlev} * \text{tkork} * ( \text{tsivutkan} + \text{tsivutsis} ) * \text{värkul} * ( \text{pa}_i * \text{lukumäärä}_i + \text{ajohukka} )$$

### **Painolevyt**

$$\text{määrä [kpl]} = ( \text{värpri}_i + \text{värsek}_i ) * \text{lukumäärä}_i$$

### **Pakkauslavat**

$$\text{määrä [kpl]} = ( \text{pa} / \text{nkoko} ) / \text{nlava}$$

### **Pakkaukset**

$$\text{määrä [kpl]} = \text{pa} / \text{nkoko}$$

### **Sidontamateriaalit**

$$\text{määrä [x}^5\text{]} = \text{pa} * \text{sidmatkul}$$

---

<sup>5</sup> yksikkö riippuu sidontamateriaalinimikkeen yksiköstä

## 5.5 Valmistusrakenteisiin perustuva tuotannonsuunnittelu

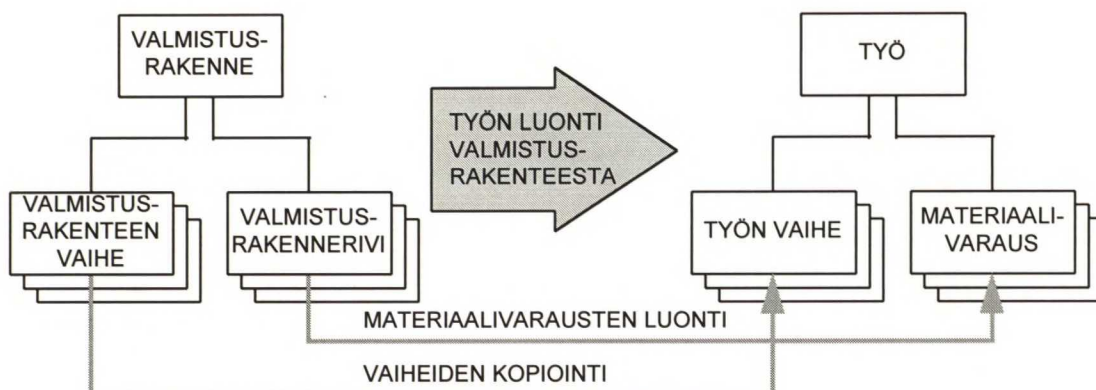
Kun edellä esitetyt painotuotteen fyysisen rakenteen suunnittelu (tekniset tiedot, osatiedot, materiaalit) ja valmistuksen suunnittelu (vaiheistus, materiaalityöskentä, kuormituslaskenta) on tehty, siirrytään PATE-järjestelmän kuvassa 23 esitetyssä suunnitteluprosessissa tuotesuunnittelusta *tuotannonsuunnitteluun*. Tässä yhteydessä tuotannonsuunnittelulla tarkoitetaan kapasiteetin hallintaa (valmistuksen töiden luonti, töiden vaiheistus, ajoitus ja kuormitus) ja materiaalien hallintaa (materiaalivarausten luonti).

### 5.5.1 Työn ja materiaalivarausten luonti

Kun valmistusrakenne on valmis, voidaan rakenteen perusteella luoda valmistuksen työ (kuva 33). Työtä luotaessa sille määritellään seuraavat arvot:

- tunnus (tulee yleensä automaattisesti tunnussarjasta),
- nimi (oletusarvona valmistusrakenteen nimi),
- tyyppi,
- tila,
- (suunniteltu) alku- ja loppupäivä sekä
- vastuualue (osasto).

Lisäksi käyttäjä voi valita, luodaanko työlle materiaalivaraukset, kopioidaanko työlle vaiheistus valmistusrakenteelta sekä lukitaanko työn pelivara (alkamis- ja loppumispäivät). Luonnin yhteydessä työn perustiedoiksi kopioituvat valmistusrakenteen otsikkotiedot, kuten tuotantonimike, painosmäärä, rakenteeseen liittyvän tilauksen ja tilausrivin tunnus sekä valmistusrakenteen materiaaliennakko. Työn vaiheistukseksi kopioidaan valmistusrakenteen vaiheistus määrä- ja kuormitustietoineen (mikäli tämä vaihtoehto valittiin). Valmistusrakenteelle tallentuu tieto luodusta työstä.



Kuva 33. Työn ja materiaalivarausten luonti valmistusrakenteesta



Materiaalivarausten luonti ja ajoitus tehdään PATE-järjestelmässä seuraavien periaatteiden mukaisesti:

1. Valmistusrakenteen rivillä olevan materiaalinimikkeen ohjaustapa määrää, luodaanko rivistä materiaalivaraus (materiaali voi olla esimerkiksi visuaalisesti ohjattava, jolloin järjestelmä ei luo materiaalivarauksia automaattisesti).
2. Jos rakennerivin materiaali on varausohjattu, luodaan riviä vastaava materiaalivaraus.
3. Mikäli rakennerivillä ei ole vaihekohdistusta, käytetään materiaalivarauksen tarvepäivän laskennassa työn tietoja (työn aloituspäivä, työn materiaaliennakko) sekä rakennerivillä mahdollisesti annettua rivikohtaista materiaaliiviivettä.
4. Mikäli rakennerivillä on vaihekohdistus, käytetään materiaalivarauksen tarvepäivän laskennassa annetun vaiheen tietoja (vaiheen aloituspäivä, vaiheen materiaaliennakko) sekä rakennerivillä mahdollisesti annettua rivikohtaista materiaaliiviivettä.

Kuvassa 34 on esimerkki valmistusrakennerivien perusteella luoduista materiaalivarauksista.

Työ	Nim.tunnus	i	t	d	h	Nim.nimi	Rak.tur	Luok.kod	Nim.ryhmä	Tyyppi	Tila	Pvm	Määrä	Yks.
VS00150	1005					KAIPOLITE	R0092	057860	Rullapaperi	Varaus työlle	Suun	04.03.96	1,544.00	KG
VS00150	1005					KAIPOLITE	R0092	057860	Rullapaperi	Varaus työlle	Suun	04.03.96	1,544.00	KG

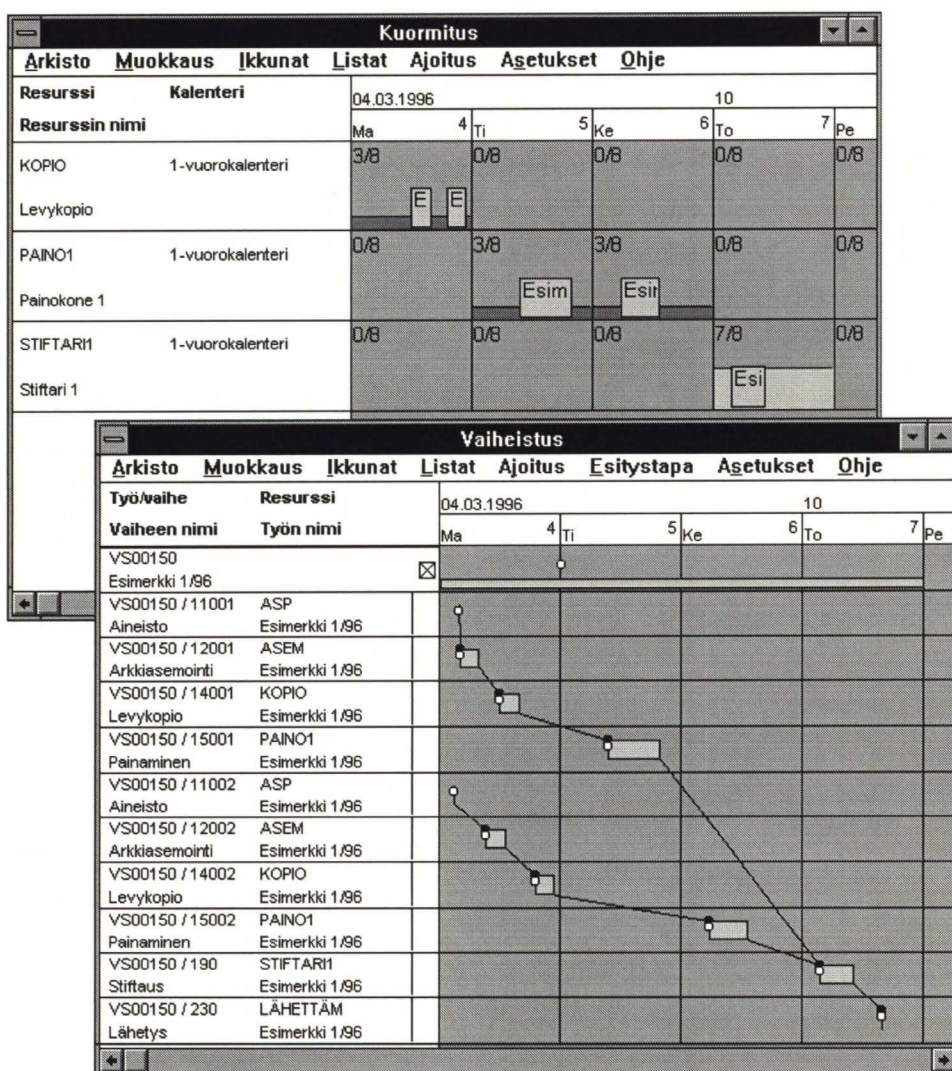
Kuva 34. Työn materiaalivaraukset

Tuotannonsuunnittelun yhteys materiaalihallintoon toimii materiaalivarausten kautta. Varausten perusteella luodaan automaattisesti eräajona ostoehdotuksia, joista tehdään ostotilauksia. Kun tilattu materiaali aikanaan saapuu varastoon, päivitetään tästä tieto materiaalivaraukseen. Materiaalinkäytön raportoinnissa varaukset kuitataan "käytetyiksi".



## 5.5.2 Työn ajoitus ja hienokuormitus

Työn luonnin yhteydessä annettuja suunniteltuja alkamis- ja päättymispäiviä käytetään työn pelivarana ajoitettaessa työvaiheita. Vaiheiden ajoitus voidaan tehdä joko antamalla vaiheiden suunnitellut alkamis- ja päättymisajat käsin lomakkeelta tai käyttämällä PATE-järjestelmään kuuluvaa Ohjaustyöasema-ohjelmistoa, joka on tarkoitettu työvaiheiden ja resurssien käytön ohjaukseen. Ohjaustyöaseman runkona on kaksi graafiseen käyttöliittymään perustuvaa suunnittelutaulua: Vaiheistustaulu ja Kuormitus-taulu (kuva 35). Vaiheistustaulu antaa kokonaiskuvan tuotannon tilanteesta<sup>6</sup> – siinä esitetään työt ja työvaiheet niiden tilaa kuvaavalla tavalla väritettyinä. Kuormitus-taulussa esitetään resurssien kuormitustilanne, joka on laskettu työvaiheiden aiheuttaman kuormituksen perusteella.



Kuva 35. Työn ajoitus ja kuormitus Ohjaustyöasemalla

<sup>6</sup> Kuvassa on esitetty selkeyden vuoksi vain yksi yksittäinen työ ja sen aiheuttama kuormitus. Normaalisti tarkasteltaisiin joukkoa tietyille aikavälille suunniteltuja töitä.



Vaiheistustaulun esimerkkityön vaiheistuksesta nähdään, miten osakohtaiset vaiheet (osat 01 ja 02) mahdollistavat yksittäisten painoarkkien seuraamisen tuotannossa. Esimerkiksi jokin arkki voidaan haluttaessa siirtää painokoneelta toiselle tai yksittäisten arkkien aineistojen saapumispäivät voidaan erotella toisistaan. Sen sijaan jälkikäsitteilyvaiheet (stiftaus, lähetys) ovat kaikille osille yhteisiä.

Työn ajoituksen muuttuminen saattaa aiheuttaa tarpeen muuttaa jo luotujen materiaalivarausten tarvepäiviä. Tämä voidaan tehdä PATE-järjestelmässä erillisellä työkalulla. Materiaalivarausten ajoituksessa otetaan tällöin huomioon voimassa olevat työn ja vaiheiden ajoitukset.

Kun työ on ajoitettu ja kuormitettu, se voidaan siirtää tuotantoon. Työlle tehtyä ajoitusta voidaan kuitenkin hyödyntää, mikäli vastaavaa tuotetta valmistetaan myöhemmin. Tämä on tavallista erityisesti säännöllisesti toistuvissa tuotteissa, kuten esimerkiksi tuotteena käytetyn aikakauslehden kohdalla. Tämän mahdollistamiseksi ollaan PATE-järjestelmään kehitetty työkalu tilausten ja niihin liittyvien valmistusrakenteiden ja töiden kopioimiseksi.

### 5.5.3 Töiden kopiointi

Kuten kappaleessa 5.2.4 todettiin, yksittäistä painotuotetta kuvaava valmistusrakenne liittyy aina yhteen myyntitilauksen tilausriviin. Vastaavasti valmistusrakenteen perusteella luotu työ liittyy aina täsmälleen yhteen valmistusrakenteeseen ja sitä kautta yhteen tilausriviin. Myyntitilausrivillä on siis aina tieto siitä, mikä valmistusrakenne ja mikä työ kyseiseen tilausriviin liittyy.

Yksittäiseen painotyöhön, kuten esimerkiksi aikakauslehden tiettyyn numeroon, liittyy aina siis myyntitilausrivi, valmistusrakenne ja työ. Kun lehden ensimmäinen numero on täydellisesti suunniteltu, voidaan tätä määrittelyä käyttää hyväksi muiden numeroiden valmistusta suunnitellessa. Säännöllisesti toistuvan painotuotteen eri numerot ovat yleensä melko samanlaisia, joten töiden kopiointi säästää huomattavasti työtä, kun koko määrittelyketju täytyy käydä vain kerran läpi. Muiden numeroiden eroavuudet voidaan käydä kopioinnin jälkeen muuttamassa käsin valmistusrakenteeseen tai työn tietoihin. Tyypillisiä muutoksia ovat painosmäärän muutos, sivumäärän muutos (vaikuttaa esimerkiksi osatietoihin), materiaalien muutokset sekä yksittäiset muutokset työn ajoituksessa (esimerkiksi pyhäpäivät tai satunnaiset kapasiteettiongelmia).

Säännöllisesti toistuvan painotuotteen suunnittelu tapahtuu PATE-järjestelmässä seuraavasti:

1. Määritellään lehden ensimmäiseen numeroon (ensimmäinen myyntitilausrivi) liittyvä valmistusrakenne.
2. Perustetaan valmistusrakenteesta työ ja ajoitetaan se.
3. Kopioidaan ensimmäistä tilausriviä haluttu määrä, jolloin myös tilausriviin liittyvä valmistusrakenne ja siitä perustettu työ kopioituvat.
4. Tehdään halutut muutokset kopioituihin valmistusrakenteisiin ja töihin.

Jotta edellä kuvattu toimintatapa olisi mahdollinen, on PATE-järjestelmään kehitetty tilausrivien kopiointityökalu. Kopioinnin lähtötiedoiksi annetaan



- kopioitavan rivin tunnus,
- seuraavan tilausrivin toimituspäivä,
- kopioitavien rivien lukumäärä,
- toimitusaikaväli halutussa aikayksikössä,
- kopioitavan työn tunnus (oletusarvoisesti riviin liittyvä työ) sekä
- kopioitavan valmistusrakenteen tunnus (oletusarvoisesti riviin liittyvä rakenne).

Kopioinnin yhteydessä päivitetään uusien tilausrivien toimituspäivät annetun toimitusaikavälin mukaisiksi. Lisäksi kopiointi ajoittaa riveihin liittyvät työt (työn pelivara, vaiheet, materiaaivaraukset) samassa suhteessa rivin toimituspäivämäärään kuin kopioitavalla rivillä on ajoitettu. Kuvassa 36 on esimerkki yrityksen kuormitustilanteesta sekä ennen että jälkeen kopioinnin. Kuormitustauluun on selkeyden vuoksi otettu vain yksi resussi.

Vaiheistus									
Arkisto	Muokkaus	Ikkunat	Listat	Ajoitus	Esitystapa	Asetukset	Ohje		
Työ/vaihe	Resurssi	10	11	12	13	14	15	16	
Vaiheen nimi	Työn nimi	04.03.1996	11.03.1996	18.03.1996	25.03.1996	01.04.1996	08.04.1996	15.04.1996	
VS00150		<input checked="" type="checkbox"/>							
Esimerkki 1/96									

Kuormitus									
Arkisto	Muokkaus	Ikkunat	Listat	Ajoitus	Asetukset	Ohje			
Resurssi	Kalenteri	10	11	12	13	14	15	16	
Resurssin nimi		04.03.1996	11.03.1996	18.03.1996	25.03.1996	01.04.1996	08.04.1996	15.04.1996	
PAINO1	1-vuorokalenteri	5/40	0/40	0/40	0/40	0/40	0/40	0/40	
Painokone 1									

Vaiheistus									
Arkisto	Muokkaus	Ikkunat	Listat	Ajoitus	Esitystapa	Asetukset	Ohje		
Työ/vaihe	Resurssi	10	11	12	13	14	15	16	
Vaiheen nimi	Työn nimi	04.03.1996	11.03.1996	18.03.1996	25.03.1996	01.04.1996	08.04.1996	15.04.1996	
VS00150		<input type="checkbox"/>							
Esimerkki 1/96									
VS00157		<input type="checkbox"/>							
Esimerkki 2/96									
VS00158		<input type="checkbox"/>							
Esimerkki 3/96									
VS00159		<input type="checkbox"/>							
Esimerkki 4/96									
VS00160		<input type="checkbox"/>							
Esimerkki 5/96									
VS00161		<input type="checkbox"/>							
Esimerkki 6/96									

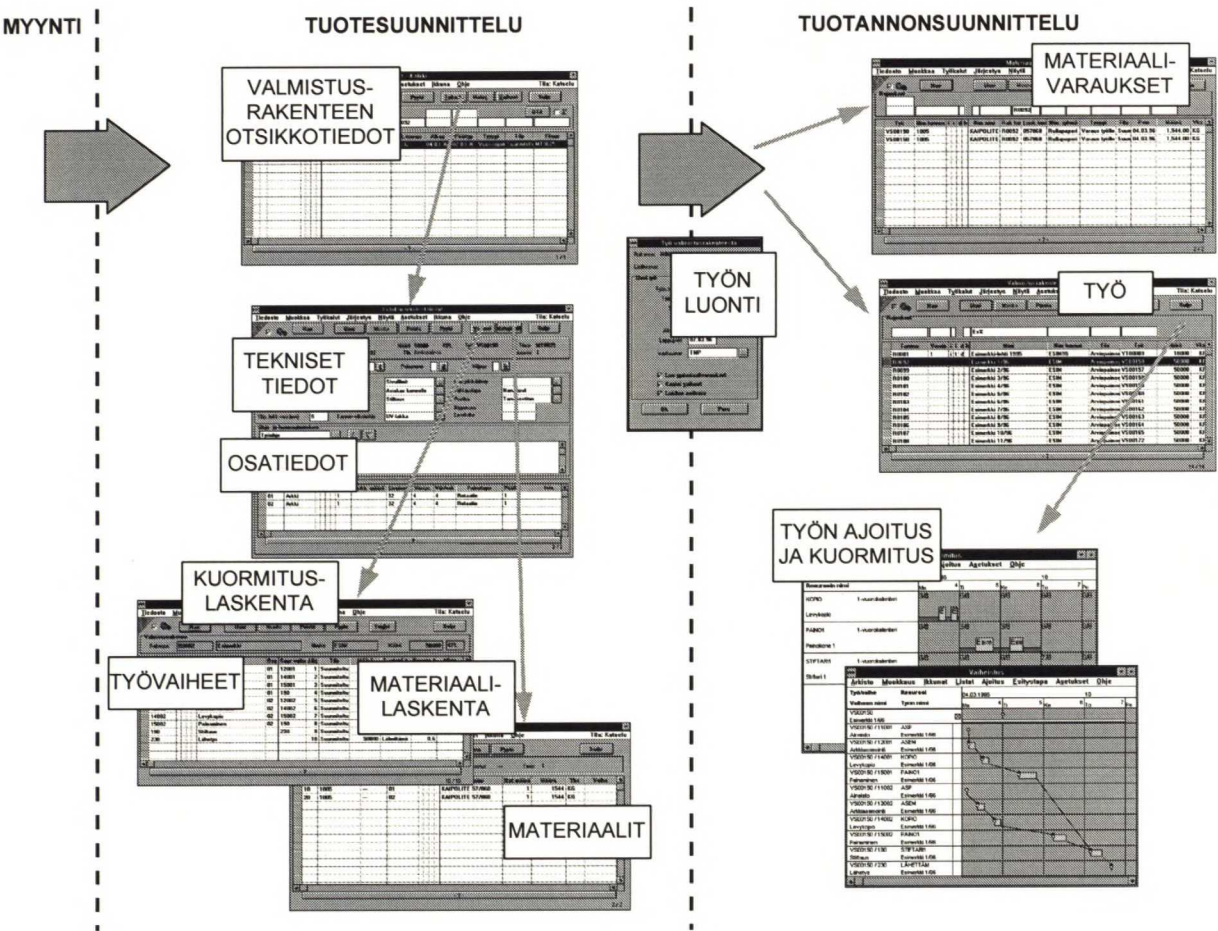
Kuormitus									
Arkisto	Muokkaus	Ikkunat	Listat	Ajoitus	Asetukset	Ohje			
Resurssi	Kalenteri	10	11	12	13	14	15	16	
Resurssin nimi		04.03.1996	11.03.1996	18.03.1996	25.03.1996	01.04.1996	08.04.1996	15.04.1996	
PAINO1	1-vuorokalenteri	5/40	5/40	5/40	5/40	5/40	5/40	5/40	
Painokone 1									

Kuva 36. Työn kopiointi



5.6 PATE-tuotesuunnittelu: yhteenveto

Edellä kuvattiin tuotesuunnittelussa tarvittavien tietojen esittäminen PATE-järjestelmässä sekä tuotesuunnitelman hyödyntäminen tuotannonsuunnittelussa. Kappaleessa 5.3.1 esitettiin suunnitteluprosessin yleinen kulku. Kuvassa 37 on esitetty vastaava prosessi käyttäen edellä kuvattuja PATE-lomakkeita ja -työkaluja.



Kuva 37. Yhteenveto PATE-tuotesuunnittelusta

## 6. Päätelmät

### 6.1 Vastaavuus vaatimuksiin

Työn alkuosassa (kappale 3.7) määriteltiin vaatimukset painotuotteen suunnittelu-prosessia hyvin tukevalle tuotesuunnittelujärjestelmälle. Tässä kappaleessa arvioidaan kehitetyn järjestelmän soveltuvuus painotuotteen suunnittelujärjestelmäksi käyttäen hyväksi näitä vaatimuksia.

*Vaatus 1: Myynnin ja valmistuksen tuotemallien pitää olla yhteensopivia.*

Koska kehitetty järjestelmä ei sisällä varsinaista myyntirakenteiden käsittelyä, riippuu myynnin ja valmistuksen tuotemallien yhteensopivuus käytettävästä myyntijärjestelmästä. PATE-järjestelmäkehityksen pilot-projektissa myynnin käyttämä tarjouslaskentasovellus kehitettiin rinnakkain PATE-järjestelmän kanssa, ja molemmat sovellukset käyttivät tässä työssä esiteltyjä tietomalleja. Tällöin myynnin tuoterakenteet voitiin sellaisenaan siirtää PATE-järjestelmän valmistusrakenteiksi.

Yksi PATE-järjestelmän jatkokehityshankkeista on tarjouslaskentasovelluksen toteuttaminen Rakenne-sovelluksen rinnalle, jolloin PATE-tuotesuunnittelu sisältäisi sekä myynnin että valmistuksen tuotemallit.

*Vaatus 2: Aikaisemmin määriteltyjä tuotemalleja voidaan käyttää hyväksi uusia tuotteita suunniteltaessa.*

Koska jokaisesta lehden numerosta syntyy oma valmistusrakenteensa PATE-tietokantaan, löytyy järjestelmästä täydellinen tuotemallihistoria. Järjestelmän käyttöliittymän tarjoamien monipuolisten hakuehtojen avulla pystytään helposti selailemaan vanhoja tuotemalleja. Rakenne-sovellus sisältää Valmistusrakenteen kopiointi-työkalun, jonka avulla haluttu tuotemalli voidaan kopioida uuden pohjaksi.

*Vaatus 3: Tuotteen määrittely on helppoa ja loogista.*

Lean System -käyttöliittymän suunnittelussa on käytetty hyväksi nykyisten graafisten käyttöliittymien tarjoamat mahdollisuudet. Windows-standardin mukaiset lomakkeet ja toimintojen samankaltaisuus eri lomakkeilla helpottavat järjestelmän käytön oppimista. Tuotesuunnitteluprosessissa käytettäviin lomakkeisiin on liitetty erikoistoimintopainikkeita, joiden avulla käyttäjä pystyy helposti siirtymään loogisesti seuraavaan lomakkeeseen.

*Vaatus 4: Materiaalinimikkeiden hallinta on helppoa.*

Nimiketiedot-sovelluksen<sup>7</sup> nimikerekisterin perustiedoissa on useita tyyppi- ja luokitelukenttiä, joiden avulla käyttäjä voi luokitella materiaaleja. Näiden kenttien käyttö rajauskriteerinä tietojen haussa helpottaa oikean materiaalin löytämistä tietokannasta.

---

<sup>7</sup> Nimiketiedot-sovellusta ei käsitellä yksityiskohtaisesti tässä työssä.



*Vaatus 5: Järjestelmän avulla voidaan käsitellä sisältö rakenne- ja sivun taittomalleja.*

Lean System -käyttöliittymästandardin mukaisella dokumenttien hallintajärjestelmällä (kappale 4.5) voidaan mihin tahansa tietokannan olioon, esimerkiksi valmistusrakenteeseen, liittää jokin muu Windows-dokumentti. Mikäli sisältö rakenteen tai sivun taittomallin kuvaukset on tehty Windows-yhteensopivalla dokumentointiohjelmistolla, kuten SGML-kieltä tukevalla tekstinkäsittelyohjelmistolla (kappale 3.2), voidaan kyseisiä malleja hallita suoraan PATE-järjestelmästä käsin.

*Vaatus 6: Valmistussuunnitelman määrittelyssä voidaan käyttää hyväksi valmiita vaihemalleja.*

Nimiketiedot-sovelluksen vaihemallirekisterissä kuvataan tuotteen valmistukseen kuuluvat vaiheet, niihin käytettävät resurssit ja niiden tekemiseen kuluva aika. Tätä vaihemallikirjastoa voidaan käyttää hyväksi tehtäessä valmistussuunnitelmaa. Vaihemallikirjastosta haettuja vaiheistuksia voidaan muokata, ja vaiheistus voidaan koota useasta eri vaihemallista.

*Vaatus 7: Resurssivarausten laskenta perustuu tuotesuunnitelmaan.*

Resurssien kuormituslaskenta perustuu PATE-järjestelmässä valmistusrakenteen tietoihin eli tuotesuunnitelmaan, resurssin teknisiin tietoihin sekä järjestelmän laskentaparametreihin (kuva 31). Yksi lähtökohta PATE-tuotesuunnitelman teknisten tietojen suunnittelussa on ollut kuormitus- ja materiaalilaskennan tarvitsemien tietojen sisällyttäminen tuotesuunnitelmaan. Kuntoonlaittoajat, materiaalihävikit ja tuote-kohtaiset vaikeusasteet voidaan ottaa huomioon tuotesuunnitelmassa, resurssien tiedoissa tai laskentaparametreissa.

*Vaatus 8: Materiaalitarpeiden laskenta perustuu tuotesuunnitelmaan.*

Materiaalitarpeiden laskenta perustuu valmistusrakenteen tietoihin eli tuotesuunnitelmaan, resurssin teknisiin tietoihin, materiaalinimikkeen tietoihin sekä järjestelmän laskentaparametreihin (kuva 32), ks. edellinen vaatimus.

*Vaatus 9: Kustannuslaskenta perustuu valmistussuunnitelmaan.*

PATE-järjestelmän Raportointi-sovelluksen<sup>8</sup> tuottama jälkilaskelma sisältää varsinainen jälkilaskentatietojen lisäksi ns. valmistuksen ennakkolaskelman, joka perustuu valmistuksen valmistussuunnitelman perusteella laskettuihin kuormituksiin ja materiaalitarpeisiin. Tällöin voidaan kustannuslaskennassa tarkastella rinnakkain tarjouslaskelmaa (myynnin näkemys tuotteen kustannuksista), ennakkolaskelmaa (tuotannonsuunnittelun näkemys tuotteen kustannuksista) ja jälkilaskelmaa (toteutuneet kustannukset).

---

<sup>8</sup> Raportointi-sovellusta ei käsitellä yksityiskohtaisesti tässä työssä.

## 6.2 Arvioita järjestelmän käytöstä

Edellisessä kappaleessa arvioitiin, kuinka hyvin kehitetty järjestelmä vastaa työn alkuosassa esiteltyjä vaatimuksia. Koska PATE-järjestelmän tuotesuunnitteluosuus otettiin käyttöön kehitysprojektin pilot-yrityksessä vuoden 1996 alussa<sup>9</sup>, on siitä saatu jo käytännön kokemuksia. Näiden kokemusten perusteella voidaan arvioida järjestelmän käytettävyyttä käyttäjän näkökulmasta sekä mahdollisia jatkokehitystarpeita.

### Käyttöliittymä

Yleisesti ottaen järjestelmän käyttöliittymää pidettiin hyvänä. Perinteisiin merkkipohjaisiin sovelluksiin verrattuna Windows-käyttöjärjestelmään perustuva graafinen käyttöliittymä koettiin helppokäyttöisemmäksi ja joustavammaksi. Lomakkeiden yhtenevä ulkoasu koettiin käyttöä ja oppimista helpottavana asiana. Toisaalta tottumattomalla käyttäjällä saattaa olla aluksi hankaluuksia tiedon löytämisessä, kun lomakkeita on paljon, ja ne kaikki näyttävät samanlaisilta. Tästä johtuen järjestelmän kehitysvaiheessa useimpiin lomakkeisiin lisättiin erikoispainikkeita, joista pääsee suoraan loogisesti seuraavaan lomakkeeseen (esimerkiksi myyntitilausrivistä pääsee suoraan siihen liittyvään rakenteeseen).

Kaikkia graafisen ympäristön tarjoamia mahdollisuuksia ei PATE-lomakkeissa ole käytetty hyväksi, joten lomakkeita voidaan vielä teknisesti kehittää (esimerkiksi ikkunoiden koon muuttaminen, tietojen ryhmittely käyttäen hyväksi päällekkäisiä sivuja).

### Tuotesuunnittelu

Koska pilot-yrityksessä ei ollut aikaisempaa kokemusta tietojärjestelmän käytöstä tuotesuunnittelussa, olivat PATE-järjestelmässä käytetyt käsitteet ja samojen tietojen käsittely eri sovelluksissa (Myynti, Rakenne, Valmistus) käyttäjille osittain vieraita. Tilaus, tuote ja työ tarkoittavat painotalossa normaalisti samaa asiaa, asiakkaan yritykseltä tilaamaa painotyötä. Tilauksesta ollaan tehty työmääräin, joka on sisältänyt kaikki työhön liittyvät olennaiset tiedot.

Uudessa järjestelmässä tilaus tallennetaan Myynti-sovellukseen, tuote tallennetaan Nimiketiedot-sovellukseen, tilattua tuotetta kuvaava valmistusrakenne Rakenne-sovellukseen ja valmistusrakenteen mukainen työ Valmistus-sovellukseen. Kun lisäksi otetaan huomioon, että PATE-järjestelmään liittyvä tarjouslaskentajärjestelmä ei ole vielä käytössä (mikä aiheuttaa käytännössä sen, että myyntitilaukset ja valmistusrakenteet joudutaan syöttämään käsin suoraan PATE-järjestelmään), on ymmärrettävää, että uuden järjestelmän tiedot koettiin alussa työlääksi ylläpitää.

Tuotteen tekniset tiedot -lomake ja sen perusteella tulostettava työmääräin ovat osoittautuneet hyödyllisiksi. Perinteisillä työmääräimillä on ollut ongelmana tietojen ajantasaisuus. Kun kaikki tiedot tallennetaan järjestelmään, saadaan viimeisimmät tiedot

---

<sup>9</sup> Pilot-yritys on aikakaus- ja sarjakuvalehtiin sekä mainospaino- ja arkkituotteisiin erikoistunut painotalo, jonka liikevaihto vuodelta 1995 oli noin 350 Mmk. Tällä hetkellä PATE-järjestelmä on käytössä yrityksen kahdessa yksikössä.



aina työasemalta. Lisäksi uusi työmääräin sisältää huomattavasti enemmän tietoa kuin vanha työmääräin.

Järjestelmään toteutettujen kuormitus- ja materiaalilaskentatyökalujen toimintaan ollaan oltu tyytyväisiä. Laskentakaavojen tuottamat tulokset ovat olleet riittävän tarkkoja suunnittelun pohjaksi.

Suurin käsitteellinen ongelma lienee valmistusrakenteella kuvatun tuotteen ja varsinaisen tuotannon työn välisen eron mieltäminen. Rakenne-sovellus on tarkoitettu suunnittelutyökaluksi, jolla voidaan suunnitella täydellisesti tuote ja sen valmistamiseksi tehtävä työ. Rakenne-sovelluksen kuvauksella ei ole mitään vaikutusta yrityksen kuormitustilanteeseen tai materiaalihallintoon. Kun rakenteesta luodaan tuotannon työ, kopioidaan rakenteen mukainen vaiheistus työn vaiheistukseksi ja rakenteen mukaiset materiaalityypit työn materiaalityypeiksi. Työn ajoituksella, joka tehdään Valmistus-sovelluksessa, ei ole mitään vaikutusta Rakenne-sovelluksen vaihetietoihin.

Painoalalla on kuitenkin tyypillistä, että työn tiedot muuttuvat melko myöhäisessäkin vaiheessa. Tyypillinen muuttuva tieto on painosmäärä, joka vaikuttaa materiaalityypin ja kuormitukseen. Koska nykyisessä PATE-versiossa kuormitus- ja materiaalityypilaskentatyökalut on toteutettu pelkästään Rakenne-sovellukseen, joudutaan muutokset tekemään valmistusrakenteeseen, josta ne automaattisesti päivitetään rakenteeseen liittyvälle työlle. Valmistussuunnitelman muutokset tehdään siis sekä alkuperäiseen suunnitelmaan että suunnitelman pohjalta luotuun työhön. Näiden kahden rinnakkaisen tietojoukon erottaminen toisistaan on osoittautunut käyttäjille hankalaksi.

Yksi ratkaisu edellä kuvattuun ongelmaan on valmistusrakenteen ja siihen liittyvän työn selkeämpi erottaminen toisistaan. Valmistusrakenteen vaiheista pitäisi näyttää vain suunnittelun kannalta olennaiset tiedot. Kuormitus- ja materiaalityypilaskentatyökaluja pitäisi voida käyttää myös Valmistus-sovelluksesta käsin. Tällöin voitaisiin tehdä selkeä ero valmistussuunnitelman ja varsinaisen työn välille. Työn luonnin jälkeen kaikki muutokset tehtäisiin Valmistus-sovelluksessa, toisin sanoen Rakenne-sovellusta käytettäisiin pelkästään suunnitteluun, ja mikäli alkuperäiseen suunnitelmaan tulee muutoksia, ne tehdään työn tietoihin (josta ne voitaisiin automaattisesti päivittää myös työhön liittyvään valmistusrakenteeseen).

## **Tuotannonsuunnittelu**

Valmistusrakenteisiin perustuva tuotannonsuunnittelu koettiin ongelmattomaksi. Töiden ajoituksessa ja hienokuormituksessa käytetään Ohjaustyöasema-ohjelmistoa, jonka ominaisuudet ovat osoittautuneet riittäviksi. Ohjaustyöaseman vaiheistus- ja kuormitusraporteilla pyritään tulevaisuudessa korvaamaan nyt käytössä olevat perinteiset ajolistat.

Myynti-sovellukseen toteutettu tilausrivin kopiointityökalu, joka kopioi tilausrivin, siihen liittyvän valmistusrakenteen sekä työn, on osoittautunut käyttökelpoiseksi ominaisuudeksi, erityisesti usein ilmestyvien lehtien kohdalla. Ilman kopiointityökalua esimerkiksi kerran viikossa ilmestyvän lehden vuosikerran määrittely järjestelmään olisi erittäin työlästä.

### 6.3 Järjestelmän soveltuvuus painotuotteiden suunnitteluun

PATE-tuotesuunnittelujärjestelmän voidaan katsoa kattavan useimmat työn alkuosassa asetetut vaatimukset. Vaatimuksen 1 (myynnin ja valmistuksen tuotemallien yhteensopivuus) täyttyminen riippuu käytetystä myynnin järjestelmästä. Tulevaisuudessa PATE-järjestelmä tullee sisältämään myös myyntirakenteet, jolloin yhteensopivuus on täydellinen. Vaatimusten 3 (määrittelyn helppous ja loogisuus) ja 4 (materiaalinimikkeiden hallinnan helppous) osalta järjestelmän arviointi on tulkinnanvaraista, johtuen vaatimusten kvalitatiivisesta luonteesta. Muilta osin (vaatimukset 2, 5, 6, 7, 8, 9) voidaan katsoa järjestelmän vastaavan hyvin asetettuja vaatimuksia.

Myös järjestelmästä saatujen käyttökokemusten perusteella voidaan toteutettua ratkaisua pitää soveltuvana painotuotteiden suunnitteluun. Käytön aikana esiin tulleet puutteet ja ongelmat pyritään ratkaisemaan jatkokehityksen aikana. Rakenne- ja Valmistus-sovelluksen välisen työnjaon ja käytön kehittäminen on yksi selkeimmistä kehityskohteista. Käyttöliittymään liittyvä yleinen kehitystarve on ylimääräisen tiedon piilotus käyttäjältä.



## 7. Yhteenveto

Työn tavoitteena oli

- kuvata graafisen alan yrityksen tuotannonohjaukset tarpeet, erityisesti tuotesuunnittelun näkökulmasta,
- selvittää painotuotteen suunnitteluprosessin tuotesuunnittelujärjestelmälle asettamat vaatimukset sekä
- toteuttaa vaatimusten mukainen tuotesuunnittelujärjestelmä.

Järjestelmän toteutuksen lähtökohtana oli Lean System -tuotannonohjausjärjestelmän graafisen toimialan versio, PATE-järjestelmä. Työssä rajoituttiin käsittelemään aikauslehtipainojen tuotesuunnittelua.

Yleiset tuotannonohjauksen tavoitteet ovat toimituskyky, vaihto-omaisuuden minimointi, kapasiteetin korkea kuormitusaste ja järjestelmän ohjattavuus. Graafisella alalla korostuvat seuraavat tuotannon piirteet:

- töiden toistuvuus,
- nopeatahtinen tuotanto,
- töiden aikataulukriittisyys,
- asiakaskohtaiset tilaustuotteet,
- asiakkaiden pysyvyys sekä
- historiatietojen hyödyntäminen.

Aikauslehtipainon tuotannonohjauksen tarpeita voidaan tarkastella tuotteen toimitusprosessin avulla. Prosessi koostuu seuraavista vaiheista: *myynti, tuotesuunnittelu, tuotannonsuunnittelu, tuotanto, lähetys ja laskutus*. Tuotesuunnittelun kannalta kiinnostavia vaiheita ovat myynti, tuotesuunnittelu ja tuotannonsuunnittelu. Myyntivaiheessa tehdään alustava tuotesuunnitelma, jonka perusteella asiakkaalle tehdään tarjous. Varsinaisessa tuotesuunnitteluvaiheessa määritellään tuotteen yksityiskohtainen rakenne alustavan tuotesuunnitelman pohjalta. Tuotannonsuunnittelu käsittää tuotesuunnittelussa määriteltujen tuotteiden valmistamiseksi tarvittavien töiden kuormitus- ja materiaalisuunnittelun sekä töiden ajoituksen.

Painotuote voidaan mallintaa kolmen tuotemallinäkökulman avulla: sisältörakenne-malli, sivuntaittomalli ja fyysinen tuotemalli. Tässä työssä painotuotteen suunnittelua on käsitelty lähinnä *fyysisen tuotemallin* näkökulmasta. Tämä malli kuvaa painotuotteen osat ja materiaalit sekä näiden ominaisuudet.

Painotuotteen suunnitteluprosessi jaettiin seuraaviin vaiheisiin:

1. tuotteen määrittely
2. fyysisen rakenteen suunnittelu
3. valmistuksen suunnittelu.

Alustava *tuotteen määrittely* tapahtuu yleensä tarjousvaiheessa, kun myyjä määrittelee asiakkaan kanssa valmistettavan tuotteen yleiset ominaisuudet. *Fyysisen rakenteen suunnittelu* on varsinaisen tuotemallin määrittelyvaihe, jonka lopputuloksena syntyy tuotesuunnitelma. Tuotesuunnitelman pohjalta voidaan tehdä *valmistuksen suunnittelu*, jossa kuvataan tuotteen tuotantoprosessi.

Kehitetty tuotesuunnittelujärjestelmä kuuluu osana Painoalan tehdasjärjestelmään (PATE), joka on Lean System -tuotannonohjausjärjestelmän graafiselle alalle sovitettu versio. Tuotesuunnittelu PATE-järjestelmässä tapahtuu pääosin Rakenne-sovelluksessa. Diplomityön keskeinen sisältö muodostuu tämän sovelluksen toiminnallisen perusratkaisun kuvaamisesta.

Tuotesuunnittelu PATE-järjestelmässä noudattaa edellä kuvatun painotuotteen suunnitteluprosessin vaiheita. Painotuotteen tuotemalli ja valmistusmalli kuvataan järjestelmässä *valmistusrakenteen* avulla. Tuotteen valmistusrakenne sisältää seuraavat tiedot:

- rakenteen otsikkotiedot,
- tuotteen tekniset tiedot,
- tuotteen osatiedot,
- tuotteen materiaalit sekä
- valmistuksen työvaiheet.

Tuotteen valmistusrakenteen perusteella voidaan laskea tuotteen valmistamisen aiheuttama kuormitus ja materiaalitardeet. Laskennan tulokset talletetaan valmistusrakenteen tietoihin, kuormituslaskennan tulokset vaihetietoihin ja materiaallaskennan tulokset materiaalitietoihin.

Suunniteltuja valmistusrakenteita käytetään hyväksi PATE-tuotannonsuunnittelussa. Valmistuksen työt luodaan valmistusrakenteen työvaiheistusten perusteella. Töiden ajoitus ja hienokuormitus perustuu valmistusrakenteen pohjalta laskettuihin työmääriin. Materiaalilaskennan tulosten pohjalta voidaan luoda materiaalivearaukset, joista puolestaan voidaan tehdä ostoehdotuksia PATE-ostojärjestelmään.

Työn alkuosassa hyvälle tuotesuunnittelujärjestelmälle asetettujen vaatimusten ja saatujen käyttökokemusten perusteella todettiin, että kehitetty järjestelmä vastaa aikakauslehtipainon tarpeita ja soveltuu sellaisenaan painotuotteiden suunnittelujärjestelmäksi. Merkittävä jatkokehitystarve on erillisen tarjouslaskentasovelluksen toteuttaminen, jolloin PATE-järjestelmä kattaa koko tuotesuunnitteluprosessin.



## Lähdeluettelo

[Brown 1988]

Browne, J., Harhen, J. & Shivnan, J., 1988. *Production Management Systems: A CIM Perspective*. Addison-Wesley Publishing Company, 1988. 284 s, ISBN 0-201-17280-6.

[Björk 1991]

Björk, B.-C., Karstila, K. & Penttilä, H. *Rakennuksen tuotemallin teoria ja sen soveltaminen*. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), 1991. 203 s. (VTT Research Notes 1278). ISBN 951-38-4011-5.

[Bäck 1995]

Bäck, A., Pesonen, J., Karanta, I. & Antikainen, H. *Painotuotteiden ja painotuotannon suunnittelu*. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), 1995. 90 s. (VTT Research Notes 1639). ISBN 951-38-4754-3.

[Goldfarb 1990]

Goldfarb, C. F., *The SGML Handbook*, 1st ed. US, New York: Oxford University Press, 1990. 663 s, ISBN 0-19-853757-9.

[Halttunen 1995]

Halttunen, V. & Hokkanen M. 1995. *Tuotetiedonhallinta: Taustaa ja ratkaisuvaihtoehtoja*. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), 1995. 75 s. (VTT Research Notes 1631). ISBN 951-38-4746-2..

[Haverila 1994]

Haverila, E., Kouri I. & Uusi-Rauva E. 1993. *Teollisuustalous*. Tampere: Infacs Johtamistekniikka. 472 s. ISBN 951-96765-0-3.

[Herwijnen 1991]

Herwijnen, E. van. *Practical SGML*. 4th ed. AH Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers Group, 1991. 307 s. ISBN 0-7923-0635-X.

[INSKO 1989]

Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus INSKO, *Tuotantotoiminnan peruskurssin kurssimateriaali*, 17. - 19.10.1989, Riihimäki.

[Koskinen 1991]

Koskinen, P. 1991. *Painotuote*. Jyväskylä: Yrityskirjat Oy, 1991. 267 s. ISBN 952-9600-01-1.

[Mankki 1985]

Mankki, J. 1985. Tuotannonohjaus mallia 1985. *Tuottavuus* 4/1985, s. 46 - 54.

[Mankki 1988]

Mankki, J. 1988. *Verstaan tuotannonohjausjärjestelmän suunnittelu ja valinta*. Tekninen tiedotus 22/88. Helsinki: Metalliteollisuuden Keskusliitto, 1988. ISBN 951-817-412-1. 63 s.

[Mankki 1994]

Mankki, J. 1994. *Lean System 3.0, yleiset ominaisuudet*. Espoo: Dialogos-Team Oy.

[Pesonen 1993]

Pesonen, J. 1993, *Kirjapainon tuotemallit*, diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Sähkötekniikan osasto, Espoo.



TEKNILLINEN KORKEAKOULU  
TIETOJENKÄSITTELYOPIN  
KÄSIKIRJASTO

TEKNILLINEN KORKEAKOULU  
TIETOJENKÄSITTELYOPIN  
KÄSIKIRJASTO  
02150 ESPOO

